MANUAL PRÁTICO DO MECÂNICO

Lauro Salles Cunha
Engº Marcelo Padovani Cravenco - SENAI

Edição 2006
Revista, ampliada e atualizada

Hemus

Material chroniony prawem autorskim

Sumário

Capítulo 1: Metais 13

Capítulo 2: Tratamento Térmico dos Aços-Carbono 33

Capítulo 3: Torno Mecânico 85

Capítulo 4: Fresas 185

Capítulo 5: Máquinas CNC 257

Capítulo 6: Brochadeiras 303

Capítulo 7: Brocas 309

Capítulo 8: Alargadores 325

Capítulo 9: Machos 331

Capítulo 10: Roscas 351

Capítulo 11: Rebolos 369

Capítulo 12: Elementos Práticos de Mecânica 385

Capítulo 13: Ferramentaria 419

Capítulo 14: Metrologia 465

Capítulo 15: Matemática Industrial 499

Índice 563

Índice das Tabelas 577

Material chroniony prawem autorskim

À memória de minha Mãe

À memória do sábio Alfredo de Aráujo Lima, meu tia-avô que me despertou pelos conhecimentos técnico-cientÍficos.

O Autor.

Obra aprovada e indicada em todos os países de língua portuguesa, tanto da Europa como do Continente Africano e inclusive da Ásia

Materiał chroniony prawem autorskim

Apresentação da edição 2001

As condições atuais do mundo moderno, de intensa evolução, exigem constantemente a reformulação e adequação dos sistemas, programas e a metodização da formação de mão-de-obra industrial, afora a preocupação constante, como os processos de formação e treinamento. Por isso, a boa acolhida que este livro recebeu estimulou-nos a reescrever algumas partes e a acrescentar outras, em função das novas experiências que o mundo atual exige e das observações dos profissionais da área da metalmecânica e das áreas correlatas.

A essência do conteúdo desta obra permanece inalterada: a reunião de informações técnicas e práticas que orientam, facilitam e enriquecem o trabalho do profissional, bem como a necessária atualização e ampliação dos conhecimentos técnicos do pessoal em trabalho.

Quanto às alterações, além de reorganizar os capítulos com o objetivo de facilitar o entendimento na progressão dos conteúdos, houve a inclusão de novas tabelas, contendo normas técnicas atuais. Vale destacar a introdução de um novo capítulo sobre programação de máquinas controladas numericamente por computador — CNC, visando, com isto, o aprimoramento tecnológico e o despertar das competências para o mundo atual.

Pretendemos, pois, que as modificações introduzidas nesta edição atinjam seu objetivo: permitir que a obra *Manual Prático do Mecânico* seja um instrumento de trabalho e capacite de modo responsável seus leitores.

Marcelo Padovani Cravenco
SENAI
Agosto 2001

Material chroniony prawem autorskim

Prefácio da 1ª Edição

As condições atuais do mundo moderno, de intensa evolução tecnológica, exigem constantemente a reformulação e adequação dos sistemas, programas e a metodização da formação da mão-de-obra. Na preparação da mão-de-obra industrial, afora a preocupação constante, como os processos de formação e treinamento, destaca-se a necessidade de existência de livros e publicações técnicas de bom nível para a necessária atualização e ampliação dos conhecimentos técnicos do pessoal em trabalho.

Uma das enormes lacunas existentes em nosso país, agravadas sobremaneira, tendo em vista o processo de industrialização de nossa atual conjuntura de desenvolvimento industrial, é a quase total ausência de boas publicações editadas em português.

O livro que prefaciamos enquadra-se perfeitamente num plano geral de atendimento à resolução das deficiências apontadas. Trata-se de obra de excelente valor técnico. Seu autor, Prof. Lauro Salles Cunha, com mais de 20 anos de experiência profissional, sobretudo como professor da Escola Senai Roberto Simonsen, apresenta didática e tecnicamente soluções adequadas a grande parte dos problemas usuais no trabalho de mecânica de máquinas operatrizes e trabalho correlatos.

Apresentamos, portanto, ao professor Lauro nossas felicitações pelo trabalho feito. Zeloso, consciente e seguro como em todos os seus inúmeros trabalhos já executados, a obra agora apresentada é mais uma demonstração daquilo que muito ainda poderá fazer pelo aprimoramento tecnológico de nosso país.

Luiz Gonzaga Ferreira

— Diretor da Escola SENAI — Roberto Simonsen. Coordenador Regional do Programa Intensivo de Preparação da Mão-de-Obra Industrial do *Ministério da Educação e Cultura.*

— Presidente do Conselho de Representantes da Escola Técnica Federal de São Paulo.

Material chroniony prawem autorskim

Prefácio

O Prof. Lauro Salles Cunha escreveu realmente um MANUAL contendo informações técnicas indispensáveis à solução dos problemas da vida profissional dos trabalhadores dos vários níveis de qualificação profissional, seja o "operário, qualificado", o "supervisar", o "técnico" e mesmo o "engenheiro".

Adotando linguagem simples e ministrando explicações claras, o autor trata didaticamente dos principais assuntos que indiscutivelmente interessam a todos os que prestam serviços às indústrias mecânicas — fator ponderável de nosso progresso industrial.

Estamos certos de que a presente obra veio preencher uma lacuna existente em nossa pobre literatura técnica: a do manual condensado, atual, em consonância com a evolução tecnológica que caracteriza o crescimento industrial do país.

Por essa razão, e com muita satisfação recomendamos o MANUAL PRÁTICO DO MECÂNICO às pessoas que devam equacionar problemas de natureza técnica. Vale a pena possuir uma obra de tão excepcional valor!

João Baptista Salles da Silva

-- Assessor da Diretoria do Departamento Regional do SENAI de São Paulo.

-- Ex-perito da Repartição Internacional do Trabalho (O.I.T.) para a organização do Serviço Nacional de Aprendizagem (SENA), da Colômbia.

-- Ex-perito da Agência para o Desenvolvimento Internacional (A.I.D.), colaborando na organização do Instituto Nacional de Cooperação Educativa (INCE), da Venezuela.

-- Professor da Metodologia do Instituto Pedagógico do Ensino Industrial (IPEI), de São Paulo.

Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 1

Metais

Normas usadas na classificação dos aços SAE DIN ABNT AISI

A encomenda dos aços no comércio, a indicação nos desenhos das peças, nos projetos das máquinas, as referências na usinagem, são feitos, hoje em dia, por prefixos, em lugar do nome por extenso do aço.

A adoção destes prefixos substituindo o nome por extenso, veio simplificar o entendimento universal e a interpretação, economizando espaço nos desenhos para uma variedade cada vez mais crescente de tipos de aço.

Estes prefixos obedecem a um sistema de classificação cujo conhecimento torna-se necessário para o operador, de hoje, trabalhar, interpretando-os nos desenhos, nos projetos ou nas ordens de execução.

As classificações de aços mais conhecidas são:

SAE (americana — "Society of Automotive Engineers")
DIN (alemã — "Deutsche Industrie Normen", "Das Ist Norm")
ABNT (nacional — "Associação Brasileira de Normas Técnicas")
AISI (americana — "American Iron Steel Institute")

Sendo as normas SAE para aços mais usadas em nossa indústria, dedicamos mais espaço à sua explicação.

Como indicar e interpretar as normas SAE e AISI para aço

De um modo geral, os prefixos usam 4 números, sendo: DOIS ÚLTIMOS ALGARISMOS (os da direita) para indicar a PORCENTAGEM DE CARBONO

Material chroniony prawem autorskim

DO AÇO, em CENTÉSIMOS, tanto para os aços-carbono, como para os aços especiais ou aços finos. (Porcentagem média.)

Assim: SAE-1060: os dois últimos algarismos da direita, isto é, o 60, está indicando que este aço tem 0,60% (60 centésimos %) de carbono. Outros exemplos:

SAE 1144 — aços com 44 centésimos % de carbono
SAE 1330 — aços com 30 centésimos % de carbono
SAE 4320 — aços com 20 centésimos % de carbono
SAE 5115 — aços com 15 centésimos % de carbono

Os dois algarismos iniciais indicam a denominação do aço, isto é, se é aço-carbono, aço-manganês, aço-níquel, etc., reservando esta indicação mais ao primeiro número, e ficando ao segundo o papel de dar uma indicação aproximada da porcentagem em que o elemento principal (o que dá o nome à liga) entra no aço.

Tabela 1.1
Orientação para se interpretar a classificação SAE e AISI para aços

Designação		
SAE	**AISI**	**Tipo de aço**
10XX	C 10XX	Aços-carbono comuns
11XX	C 11XX	Aços de usinagem (ou corte) fácil, com alto S
13XX	13XX	Aços-manganês com 1,75% de MN
23XX	23XX	Aços-níquel com 3,5% de Ni
25XX	25XX	Aços-níquel com 5,0% de Ni
31XX	31XX	Aços-níquel-cromo com 1,25% de Ni e 0,65% de Cr
33XX	E 33XX	Aços-níquel-cromo com 3,50% de Ni e 1,57% de Cr
303XX	—	Aços resistentes à corrosão e ao calor ao Ni-Cr
40XX	40XX	Aços-molibdênio com 0,25% de Mo
41XX	41XX	Aços-cromo-molibdênio com 0,50% ou 0,95% de Cr e 0,12%, 0,20% ou 0,25% de Mo
43XX	43XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,82% de Ni, 0,50% ou 0,80% de Cr e 0,25% de Mo
46XX	46XX	Aços-níquel-molibdênio com 1,5% ou 1,82% de Ni, 0,50% ou 0,80% de Cr e 0,25% de Mo

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 1.1 (continuação)

Designação		
SAE	**AISI**	**Tipo de aço**
47XX	47XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,05% de Ni, 0,45% de Cr e 0,20% de Mo
48XX	48XX	Aços-níquel-molibdênio com 3,50% de Ni e 0,25% de Mo
50XX	50XX	Aços-cromo com 0,27%, 0,40% ou 0,50% de Cr
51XX	51XX	Aços-cromo com 0,80% a 1,05% de Cr
501XX	—	Aços de baixo cromo para rolamentos, com 0,50% de Cr
511XX	E511XX	Aços de médio cromo para rolamentos, com 1,02% de Cr
521XX	E521XX	Aços de alto cromo para rolamentos, com 1,45% de Cr
514XX	—	Aços resistentes à corrosão e ao calor ao Cr
515XX	—	Aços resistentes à corrosão e ao calor ao Cr
61XX	61XX	Aços-cromo-vanádio com 0,80% ou 0,95% de Cr e 0,10% ou 0,15% de V (mín.)
86XX	86XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 0,55% de Ni, ou 0,65% de Cr e 0,20% de Mo
87XX	87XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 0,55% de Ni, 0,50% de Cr e 0,25% de Mo
92XX	92XX	Aços-silício-manganês com 0,65%, 0,82%, 0,85% ou 0,87% de Mn, 1,40% ou 2,00% de Si e 0%, 0,17%, 0,32% ou 0,65% de Cr
93XX	93XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 3,25% de Ni, 1,20% de Cr e 0,12% de Mo
98XX	98XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,00% de Ni, 0,80% de Cr e 0,25% de Mo
950	—	Aços de baixo teor em liga e alta resistência
XXBXX	XXBXX	Aços-boro com 0,0005% de B mín.
XXLXX	CXXLXX	Aços-chumbo com 0,15% - 0,35% de Pb

Materiał chroniony prawem autorskim

Classificação ABNT dos aços-carbono, segundo as normas ABNT, como escrever e como interpretar

Aço é uma liga composta de ferro (Fe) e carbono (C), contendo ainda pequenas porcentagens de silício (Si), enxofre (S), fósforo (P) e manganês (Mn).

Os aços ABNT são representados por quatro números ABNT 1020: o número "1" indica a classe do aço ao carbono. O número "0" indica a porcentagem de elementos de liga, o número "2" e "0" (zero) indicam a porcentagem de carbono no aço.

Tabela 1.2
Orientação para se interpretar a classificação ABNT dos aços

Designação	Carbono %	Manganês %
1006 A	0,08 máx.	0,25 – 0,40
1008 A	1,10 máx.	0,25 – 0,50
1010 A	0,08 – 0,13	0,30 – 0,60
1015 A	0,13 – 0,18	0,30 – 0,60
1020 A	0,18 – 0,23	0,30 – 0,60
1025 A	0,22 – 0,28	0,30 – 0,60
1026 A	0,22 – 0,28	0,60 – 0,90
1030 A	0,28 – 0,34	0,60 – 0,90
1035 A	0,32 – 0,38	0,60 – 0,90
1038 A	0,35 – 0,42	0,60 – 0,90
1040 A	0,37 – 0,44	0,60 – 0,90
1041 A	0,36 – 0,44	1,35 – 1,65
1043 A	0,40 – 0,47	0,70 – 1,00
1045 A	0,43 – 0,50	0,60 – 0,90
1050 A	0,47 – 0,55	0,70 – 1,00
1060 A	0,55 – 0,66	0,60 – 0,90
1070 A	0,65 – 0,76	0,60 – 0,90
1080 A	0,75 – 0,88	0,60 – 0,90
1090 A	0,85 – 0,98	0,60 – 0,90
1095 A	0,90 – 1,03	0,30 – 0,50

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.3
Orientação para se interpretar a classificação ABNT dos aços-liga

Designação	C %	Mn %	Si %	Cr %	Ni %	Mo %
1340	0,38 – 0,43	1,60 – 1,90	0,20 – 0,35	–	–	–
4130	0,28 – 0,33	0,40 – 0,60	0,20 – 0,35	0,80 – 1,10	–	0,15 – 0,25
4135	0,33 – 0,38	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,80 – 1,10	–	0,15 – 0,25
4140	0,38 – 0,43	0,75 – 1,00	0,20 – 0,35	0,80 – 1,10	–	0,15 – 0,25
4320	0,17 – 0,22	0,45 – 0,65	0,20 – 0,35	0,70 – 0,90	1,65 – 2,00	0,20 – 0,30
4340	0,38 – 0,43	0,60 – 0,80	0,20 – 0,35	0,70 – 0,90	1,65 – 2,00	0,20 – 0,30
5115	0,13 – 0,18	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,70 – 0,90	–	–
5120	0,17 – 0,22	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,70 – 0,90	–	–
5130	0,28 – 0,33	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,80 – 1,10	–	–
5135	0,33 – 0,38	0,60 – 0,80	0,20 – 0,35	0,80 – 1,05	–	–
5140	0,38 – 0,43	0,70 – 0,80	0,20 – 0,35	0,70 – 0,90	–	–
5160	0,55 – 0,65	0,75 – 1,00	0,20 – 0,35	0,70 – 0,90	–	–
E52100	0,95 – 1,00	0,25 – 0,45	0,20 – 0,35	1,30 – 1,60	–	–
6150	0,48 – 0,53	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,80 – 1,10	–	–
8615	0,13 – 0,18	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25
8620	0,18 – 0,23	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25
8630	0,28 – 0,33	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25
8640	0,38 – 0,43	0,75 – 1,00	0,20 – 0,35	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25
8645	0,43 – 0,48	0,75 – 1,00	0,20 – 0,35	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25
8650	0,40 – 0,53	0,75 – 1,00	0,20 – 0,35	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25
8660	0,55 – 0,65	0,75 – 1,00	0,20 – 0,35	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25
E9315	0,13 – 0,18	0,45 – 0,65	0,20 – 0,35	1,00 – 1,40	3,00 – 3,50	0,08 – 0,15

Classificação de aços, segundo as normas "DIN" como escrever e como interpretar

Na página seguinte temos a disposição dos tipos de aço, segundo as normas "DIN" (17006).

Materiał chroniony prawem autorskim

Para escrever ou interpretar a % dos elementos que fazem parte do aço, e que nas indicações figuram nos números finais, nós precisamos usar a tabela abaixo. Aconselhamos, primeiro, ler as instruções da página abaixo sobre como escrever e interpretar as indicações dos aços.

Atenção: A tabela abaixo se aplica aos aços de baixa liga, aos aços de ferramenta sem liga e aos aços fundidos, *não se aplicando aos aços de alta liga.*

Explicação: Seja a indicação ou prefixo 15 Cr3. Precisamos saber a % de composição de seus elementos. O primeiro número (nº 15) indica a % de carbono *em centésimos*. Para o carbono a divisão é por 100. 15 ÷ 100 = 0,15% de carbono.

O número final 3 indica a % em que o cromo entra na liga. Para o cromo a tabela manda dividir por 4. Então 4 ÷ 3 = 0,75% de cromo.

Quando, no caso contrário, nós temos a % dos elementos, e desejamos escrever, nós multiplicamos a % pelos números da tabela, conforme o elemento.

Assim: no exemplo anterior, o aço-cromo com 0,15% de carbono e 0,75% de cromo, temos 0,15 × 100 = 15 e 0,75 × 4 = 3. Então: 15 Cr3.

Tabela 1.4

Elementos das ligas e suas abreviaturas			**Para obter o nº final a figurar na indicação, MULTIPLICAMOS a % dos elementos das ligas por:**	**Tendo o nº final da indicação, e desejando saber a % dos elementos da liga, DIVIDIMOS por:**
Cr (Cromo) Ni Níquel	Co (Cobalto) Si (Silício)	Mn (Manganês) W (Tungstênio)	4	4
Al (Alumínio) Cu (Cobre) Nb (Nióbio) V (Vanádio)	Be (Berílio) Pb (Chumbo) Ta (Tântalo) Zr (Zircônio)	B (Boro) Mo (Molibdênio) Ti (Titânio)	10	10
C (Carbono) P (Fósforo)	Ce (Cério) N (Nitrogênio)	S (Enxofre)	100	100

Além das letras e números usados nas normas "DIN", as indicações podem usar determinadas letras para indicar tipos de fusão usada, certas propriedades especiais, ou tratamentos térmicos a que os aços foram submetidos. É o que damos na tabela 1.6.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.5
Classificação dos aços segundo as normas "DIN"

Aços não ligados Abaixo de: 0,5 de silício 0,8 de manganês 0,1 de alumínio 0,1 de titânio 0,25 de cobre	Aços de construção	Não aceita tratamentos térmicos	1º) Símbolo St da palavra "Stahl", em alemão, aço. 2º) Nº indicando a resistência mínima à tração	St 42 = Aço de construção com resistência mínima à tração de 42 kg/mm². St 37 = Mesmo acima com 37 kg/mm².
	Aços de qualidade	Aceita tratamentos térmicos. Aços de cementação	1º) Símbolo C do carbono. 2º) Escreve-se a % média do carbono em centésimos, em inteiros e interpreta-se em centésimos.	C 35 = Aço de qualidade com 0,35% de carbono. C 40 = Mesmo acima com 0,40% de carbono.
	Aços finos	Aços contendo pouco fósforo (P) e enxofre (S)	Escreve-se da mesma forma que o anterior, porém usando-se um símbolo inicial CK.	CK 35 = Aço fino com 0,35% de carbono.
←	Aços de ferramentas	W1 = Qualidade 1 W2 = Qualidade 2 W3 = Qualidade 3 WS = Qualidade S	1º) Símbolo C do carbono. 2º) Escreve-se a % em centésimos do carbono em inteiros, mas interpreta-se em centésimos. 3º) Letra W seguida de nº de qualidade.	C100 W2 = Aço de ferramenta com 1% de carbono e qualidade 2.
Acima de: Aços baixa liga	Tem menos de 5% de elementos especiais		1º) Escreve-se a % média de carbono (centésimos) em inteiros e interpreta-se em centésimos. 2º) Segue-se o símbolo do elemento principal daliga. 3º) Símbolo do elemento secundário da liga se houver, e em ordem decrescente. 4º) Número final que dividido pelo nº da tabela 1.4 fornece a % dos elementos da liga. Desejando o nº final da indicação, multiplicamos a % dos elementos da liga pelo nº da tabela 1.4.	10 Cr Mo 9 10 = Aço-cromo, molibdênio com 0,10% de carbono. Para acharmos a % do cromo, dividimos o nº da indicação pelo nº 4 da tabela. Achamos 2,2%. Para achar a % do molibdênio, dividimos o nº 10 da indicação pelo nº da tabela. Achamos 1%. Atenção: tendo-se a % dos elementos e desejando-se o nº da indicação, multiplicamos. Ex.: 15 Cr 3 = Aço-cromo com 0,15% de carbono. Para achar a % média de cromo dividimos o nº pelo nº da tabela. 3 + 4 = 0,75% de cromo.
Aços alta liga	Tem mais de 5% de elementos especiais		Semelhante ao anterior, porém: 1º) Inicia-se a indicação com um X. 2º) Escreve-se a porcentagem de carbono em inteiros e interpreta-se em centésimos. 3º) Colocam-se os símbolos dos elementos como o anterior. Observação: Os nºs finais indicam a % dos elementos em inteiros, não se fazendo uso da tabela.	X 5 Cr Ni Mo 18 8 = Aço alta liga com 0,5% de carbono, 18% de cromo e 8% de níquel. Obs.: Os elementos são indicados em inteiros em números finais.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 1.6
Letras suplementares usadas nas indicações dos aços

Tipo de fusão	Tratamentos térmicos ou mecânicos	Propriedades especiais
Letra no início	**Letra no final**	**Letra após os símbolos de fusão, quando houver**
B = Aço Bessemer	*A* = Revenido	*A* = Resistente ao envelhecimento
E = Aço de forno elétrico	*B* = Melhor usinabilidade	*H* = Semi-acalmado
F = Aço forno reverbero	*E* = Cementado e temperado	*K* = Pouco enxofre ou fósforo
I = Aço forno elétrico indução	*G* = Recozido mole (coalescido)	*L* = Resistência a fissuras
K = Aço conversor *LD* (oxig.)	*H* = Temperado em óleo e revenido	*P* = Soldável por pressão
LE = Aço forno elét. a arco	*K* = Deformado a frio	*R* = Acalmado
M = Aço Siemens Martim	*U* = Sem tratamento	*RR* = Especialmente acalmado
PP = Aço pudleado	*NT* = Nitrado	*S* = Soldável por fusão
		Ex.: M R St 37-2
T = Aço forno Thomas	*V* = Beneficiado (temperado e revenido p/ uma resistência dada)	Aço Siemens Martim acalmado com 37 kg/mm² e alto requisito de qualidade
	Ex.: 15 Cr3 E = Aço cromo de baixa liga com 0,15 de carbono e 0,75% de cromo (3 ÷ 4 = 0,75) (Veja tab. 2.10)	
Ti = Aço cadinho		
W = Aço por sopro (Bessemer)	*E* = Endurecido por cementação	
	Ex.: E 36 Cr Ni Mo 4 V Aço baixa liga de Cr Ni Mo, com 0,35% de carbono e 1% de Cr (4 ÷ 4 = 1)	
Ex.: *MSt* 60 - 2		
M = Aço Siemens Martim	*E* = Forno elétrico	
St = Aço	*V* = Beneficiado	
60 = Resist. à tração (kg/mm²)	*T* = Temperado em água e revenido	
2 = Qualidade de elevados requisitos	*N* = Normalizado	
Ex.: *GS B* 40		
GS = Aço fundido		
B = Bessemer		
40 = kg/mm² Resist. à tração		

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.7
Classificação da fundição segundo as normas "DIN" (17006)

Como escrever		FUNDIÇÃO		Como interpretar as indicações	
GS	GG	GGG		GH	GT
Aço Fundido	**Ferro Fundido Cinzento**	**Ferro Fundido Nodular**		**Ferro Fundido Duro**	**Ferro Fundido Maleável**
Para escrever: 1º) Símbolo GS 2º) Resistência à tração em kg/mm² Ex.: GS 52 = GS = Aço fundido 52 = Resist. à tração em kg/mm² Pode-se escrever também GS C 25 = GS = Aço fundido C = Carbono 25 = % carbono em centésimo ou: GS = 22 Mo 4 = Aço fundido com 0,22% de carbono e 0,40% de molibdênio (acha-se a porcentagem do molibdênio dividindo o nº final 4 pelo nº 10 da tabela 2.10. Ex.: GS 50 Cr 6 = Aço fundido especial com 0,50% de carbono e 1,5% de cromo (acha-se 1,5% dividindo-se o nº final 6 pelo nº 4 da tabela 1.4).	Grafita Lamelar Para escrever: 1º) Símbolo GG 2º) Resistência à tração kg/mm² Ex.: GG 20 = Ferro fundido cinzento com 20 kg/mm² de resistência à tração (mínima) CGK Ferro fundido de coquilha GGK Ferro fundido cinzento centrifugado	Grafita Esferoidal Para escrever: 1º) Símbolo GGG 2º) Resistência à tração em kg/mm² Ex.: GGG – 45 = Ferro fundido nodular com 45 kg/mm² de Resistência à tração *Obs.*: Veja também a pág. 74 e tabela 2.16.	Para escrever: 1º) Símbolo GH 2º) Até o nº 50 indica a profundidade da dureza em mm. Atenção: Acima do nº 50 indica a % de dureza schore. Ex.: GH 95: Ferro fundido duro com 95% de dureza shore.	GTW Ferro Fundido Maleável obtido por recozimento não descarbonetante. Para escrever: 1º) Símbolo GTW 2º) Resistência à tração Ex.: GTW-35 Para interpretar: Ferro fundido maleável branco com resistência à tração de 35 kg/mm² GTS Ferro fundido maleável Preto. Ex.: GTS 55 Interpretação: Ferro fundido maleável preto de 55 kg/mm² de resistência mínima à tração. GTN-S 40 = Ferro fundido maleável soldável de 40 kg/mm² de resistência mínima à tração.

Material chroniony prawem autorskim

O que se deve saber sobre os aços inoxidáveis

Caracterizam-se pela alta porcentagem de cromo, geralmente acima de 12%, tendo por isto uma grande resistência ao ataque de vários agentes químicos e à oxidação. De acordo com a estrutura, que depende da composição e tratamento térmico, classificam-se em: 1) Aços ferríticos, 2) Aços martensíticos, 3) Aços austeníticos, 4) Aços ferrítico-martensíticos.

Aços ferríticos — Podem ter de 13 a 30% de Cr. Com 13% de Cr tem menos de 0,08% de C, mas com maior % de Cr podem chegar a 0,25% de C. *Atenção*: **Não admitem têmpera.** (Cr = cromo).

Aços martensíticos — O conteúdo de carbono acompanha o de Cr, de modo que, ao aquecer-se acima do ponto crítico, sua estrutura muda para austenita. Ao esfriar-se converte-se em martensita. O Cr vai de 13 a 18% e de 0,08 de C.

Aços austeníticos — Elevado conteúdo de Cr (12 a 26%) e de Ni (7 a 25%), com equilíbrio para que a estrutura seja austenítica em sua totalidade.

Atenção: **Não admitem têmpera**. Correntemente não são magnéticos. C normalmente é de 0,10% ou menos. Costumam receber molibdênio Cr ou Ni.

Aços ferrítico-austeníticos — Elevada % de Cr (26%), e de Ni, mais baixa (4 a 6%) que os aços austeníticos, contendo em sua estrutura tanto ferrita como austenita. *Atenção:* **Não admitem têmpera. Baixo teor de C.**

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 1.8
Aços inoxidáveis mais comuns (austeníticos)

AISI	SAE	DIN	VILLARES	Composição aproximada	Qualidade e aplicação
304	30304	17,440 X 5 Cr Ni 189	V 304	C = 0,06 Si = 0,4 Mn = 0,5 Cr = 18 Ni = 9	Indústria alimentícia, fertilizantes, petroquímica, plástico e nuclear, motocicletas, bicicletas e aviões, ácido nítrico.
316	30316	17,440 X 5 Cr Ni Mo 1812	V 316	C = 0,05 Si = 0,4 Mn = 1,2 Mo = 2,7 Cr = 18 Ni = 12	Resistência aos ácidos. Indústrias alimentícias, laticínios, cervejarias, petroquímica, condensadores e trocadores de calor. Suporta temperaturas maiores que 304°C.
FORJA = 304 = 900 - 1150°C 316 = 900 - 1100°C Pré-aquecer até 600°C, lenta e uniformemente para evitar perigo de trincas. Acima de 600°C aquecer mais rápido. Evitar temperaturas acima da indicada.					

➔ Esfriar rápido. **Atenção:** Forjado demorado e temperaturas altas alteram o aço. ←

Recozer — 1075°C. Esfriando rápido consegue-se aço mais brando e de melhores propriedades.

Dureza do recozimento — Com um recozimento correto a dureza Brinell deverá ficar com 120 a 160.

Solda — Bom para solda. O 316 não necessita de tratamento subseqüente.

Prensado e Trabalhado a Frio — Adequado para o embutimento profundo e o trabalho a frio.

Atenção: Os aços **austeníticos** não admitem têmpera nem revenido. ←

Tabela 1.9
Indicação AISI e SAE dos aços inoxidáveis

	Nºs	Iniciais
Aços-cromo-níquel austeníticos e não magnéticos C = 0,08 máx., Mn 2, Si 1, Cr 18-20 Ni 8-11 Ex.: C, "0,08" máx. Mn 2, Si 1, Cr 16-18 Ni 10-14	AISI 3 X X 3 0 4 3 1 6	SAE 30XXX 30304 30316
Aços-cromo martensíticos e magnéticos	4 X X	51XXX
Aços-cromo ferríticos e magnéticos	4 X X	51XXX
Aços-cromo (baixo cromo e alta resistência)	5 X X	51XXX

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 1.10
Tabela de bronze

Normas internacionais			Composição química. Bronze									Características mecânicas		
SAE	ASTM-B	ABNT	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Al	Mn	P	R.T	AL.%	HB
40	145-836	10	84,00	4,00	4,00	4,00	—	—	—	—	—	21,0	20	62
			86,00	6,00	6,00	6,00	0,30	1,00	0,005	—	0,05			
41	146-854	—	63,00	1,50	1,50	Resto	0,8	1,0	0,30	—	—	21,0	20	50
			70,00	—	3,8	—	—	—	—	—	—			
—	176-858	—	Min.	1,50	1,50	Min.	8,50	—	0,25	0,25	0,01	38,5	15	—
			57,00	—	—	30	—	—	—	—	—			
430-A	147-862	16	60,00	0,20	0,20	Resto	2,0		3,0	2,5	—	63	18	150
			66,00	—	—	—	4,0	1,0	5,0	5,0	—			
430-B	147-863		60,00	0,20	0,20	Resto	2,0	1,0	5,0	2,5	—	77	12	200
			66,00				4,0		7,5	5,0				
43	147-865		55,00	1,00	0,40	Resto	0,4		0,5			45,7	20	96
			60,00				2,0	1,0	1,5	1,5				
620	143-903	4	86,00	7,5	0,30	3,00	0,15	1,0	0,005		0,05	28,0	20	70
			89,00	9,0		5,00								
62	143-905	2	86,00	9,0	0,30	1,00	0,15	1,0	0,005		0,05	28,0	20	80
			89,00	11,0		3,00								
	427-915			9,00	2,00			2,7						
			Resto	11,00	3,30	—	—	4,00			0,50			
622	143-922	3	86,00	5,5	1,00	3,00	0,30	1,0	0,005		0,05	24,0	22	65
			90,00	6,5	2,00	5,00								
65	—	1	88,00	10,00	0,50			0,50			0,30	24,6	10	80
			90,00	12,00										
640	—	5	88,00	12,00	1,00	0,50	0,30	0,8			0,30	24,6	10	80
			85,00	10,00	1,50			1,50						
	BZ-12		88,00	12,00								28	5	90/110
	BZ-14		86,00	14,00								25	5	100/130
621	143-903		85,00	7,5	1,00	2,50	0,30	1,00	0,005		0,05	25,2	18	70
			89,00	9,0		5,00								
660	144-922		81,00	6,20	6,00	2,00	0,20	0,80	0,005		0,50	21,0	12	80
			85,00	7,50	8,00	4,00								
66	144-935		83,00	4,50	8,00	2,00	0,20	0,80	0,005		0,05	17,5	8	80
			86,00	6,00	10,00									
64	144-937		78,00	9,00	8,00	0,80	0,15	1,00	0,005		0,50	21	15	87
			82,00	11,00	11,00									
67	144-938	8	75,00	6,30	13,00	0,80	0,15	0,80	0,005		0,05	17,5	10	50
			79,00	7,50	15,00									
	144-943		68,50	4,00	22,00	0,50	0,15	0,80						50
			73,50	6,00	25,00									
68-A	148-952	24	Min.				2,50		8,50			45,5	20	110/140
			86,00				4,00		9,50					
68-B	148-953	23	Min.				0,70		9,00			45,7	15	110/160
			86,00				1,50		11,00					
	148-954		Min.				3,00	2,50	10,00	0,50		52,5	12	150/185
			83,00				5,00		11,50					
	148-955		Min.				3,00	3,00	10,00	3,50		63,0	8	175/210
			78,00				5,00	5,50	11,50					

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 1.11
Principais elementos industriais na mecânica

Metal	Símbolo	Peso específico	Ponto de fusão	Coeficiente dilatação linear 1°C
Alumínio	Al	2,7	660	0,000024
Antimônio	Sb	6,69	630	0,000011
Bário	Ba	3,74	704	
Berílio (Glucínio)	Be	1,85	1283	0,000012
Bismuto	Bi	9,75	271	0,000013
Cádmio	Cd	8,64	321	0,000029
Cério	Ce	6,9	775	
Chumbo	Pb	11,35	327	0,000029
Cobalto	Co	8,8	1492	0,000013
Cobre	Cu	8,9	1083	0,000017
Cromo	Cr	7,1	1800	0,000007
Estanho	Sn	7,3	232	0,000023
Ferro	Fe	7,86	1535	0,000012
Lítio	Li	0,53	180	0,000058
Magnésio	Mg	1,74	650	0,000026
Manganês	Mn	7,3	1244	0,000023
Molibdênio	Mo	10,21	2610	0,000005
Nióbio	Nb	8,55	2415	0,000007
Níquel	Ni	8,9	1453	0,000013
Silício (semimetal)	Si	2,4	1410	0,000008
Tântalo	Ta	16,6	3030	0,000007
Titânio	Ti	4,52	1812	0,000009
Tório	Th	11,2	1827	0,000011
Tungstênio	W	19,27	3380	0,000004
Urânio	U	18,7	1132	
Vanádio	V	5,96	1730	
Zinco	Zn	7,13	420	0,000026
Zircônio	Zr	6,5	1852	0,000005

Materiał chroniony prawem autorskim

Como calcular a dilatação térmica

Exemplo: Determinar a dilatação linear e o comprimento total de uma peça de alumínio de 1500 mm de comprimento, à temperatura de 50°C.

Dilatação linear da peça	=	Comprimento da peça	×	Coeficiente da Tabela	×	Temperatura

Dilatação da peça = 1500 mm × 0,000024 × 50°C = 1,8 mm

Comprimento total da peça quando dilatada	=	Comprimento da peça normal	+	Dilatação	=	1500 + 1,8 = 1501,8 mm

Atenção: Para determinar a dilatação cúbica da peça (volume), multiplique o coeficiente dado na tabela por 3 (três).

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso da peça em kg}}{\text{Volume em decímetro cúbico}} \text{ ou } \frac{\text{Peso em gramas}}{\text{Volume em mm}^3}$$

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.12
Materiais e composição (por ordem alfabética)

	Resistência à ruptura kg/mm²	Resistência ao cisalhamento kg/mm²	Limite de elasticidade kg/mm²	Alongamento %	Profundidade Ericksen mm (ver fig. 14.8)	Pressão *F* do sujeitador kg/cm²	Dureza
Aço inoxidável Cr 18. Ni 8	55	45-10		23	13	20	
Aço inoxidável laminado a frio. Cr = 0,2. Si = 0,8. Mn ≤ 0,7. P.S. ≥ 0,06	80-70			45 (*Lo* = 11,3 *Fo*)			
Alumínio macio. 99.5.99,98	7,5-8	7	12-15 (escoamento)	20-30	7,5-9 (*e* = 1 mm)	10	7-7,5 (*RB*)
Alumínio semiduro	12	10		8	8,5	12	
Alumínio duro	15	12		5	7	15	
Bimetal. Camada principal aço macio. G = 0,15. Mn < 0,35 Si = 0,1. Revestido liga Cu e Zn.	30-40			24 (*Lo* = 11,3 *Fo*)	10 (*e* = 1 mm)		
Bronze de alumínio	35			40	11,5	20	
Bronze de estanho	45			10	10	25	
Bronze fosforoso Cu = 91,9. P = 0,10. Sn = 8 (C)	42		16,8	10			*F* 82 *Rc*
Bronze fosforoso Cu = 94,35. Sn = 5,5. P = 0,15 (A)	35	28	14,7	10			*F* 77 *Rc*
Bronze laminado		65-75					
Bronze Sn = 3,5-4. Zn 2,7-3,5 Macio. Cu = restante	33			38 (*Lo* = 11,3 *Fo*)			
Bronze Sn = 5-7. Pb = 0,1-0,25 Cu = restante	33			38 (*Lo* = 11,3 *Fo*)			

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.12 (continuação)
Materiais e composição (por ordem alfabética)

	Resistência à ruptura kg/mm²	Resistência ao cisalhamento kg/mm²	Limite de elasticidade kg/mm²	Alongamento %	Profundidade Ericksen mm (ver fig. 14.8)	Pressão *F* do sujeitador kg/cm²	Dureza
Celeron T 210	700 kg/cm²						100 *Re M*
Cobre	23	18-30		37	12		20
Chumbo Pb = 99,9-99-5	2,5	5		50 (*Lo* = 11,3 *Fo*)			
Duralumínio macio Cu-4 Mn 0,5 Mg. 0,5 rest. al.	20	16		19	10	Fadiga 13 a 5 × 10^8	105 *Br* 500 kg
Duralumínio (chapa a frio)	40	30	28	12	8		idem
Folha de Flandres	32	28		20	9,5		30
Inconel. Ni = 79. Cr = 13. Fe = 6,5	55-60	50	25-30	43-45			
Latão Cu = 68-62. Zn = restante recozido	35	40		20			
Latão duro	45			5			
Latão 63-67-72 recozido	30-35	25	12	45	14,5 (72)	50-75*Br*	
Latão 63-67-72 para molas	57			3		150*Br*	
Latão amarelo Cu = 65 Zn = 35	43	28	10,5	60	8,5-12	70 (*DB*)	
Latão para cartuchos de munições. Cu = 70. Zn = 30 ou 72-28	31	28	11,2	8		*B* 80	
Latão para corte. Cu 58. Zn = 40. Pb = 2.	45			15		120 *DB*	
Latão 60-63 macio	33			45	13,5		22

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.12 (continuação)
Materiais e composição (por ordem alfabética)

	Resistência à ruptura kg/mm²	Resistência ao cisalhamento kg/mm²	Limite de elasticidade kg/mm²	Alongamento %	Profundidade Ericksen mm (ver fig. 14.8)	Pressão *F* do sujeitador kg/cm²	Dureza
Latão naval 29. Cu = 60. Zn = 37,5 Pb = 1,75. Sn = 0,75	40		17,5	15		*B* 55 Rc	
Latão naval 25. Cu = 60. Zn = 39,25 Sn = 0,75	48	30	17,5	20		*B* 78 *B* 55 Rc	Fadiga 11 a 3×10^8
Latão de joalheiro Cu = 85. Zn = 15	30			50		60 (*DB*)	
Liga de alumínio. Al = 90. Mg = 10. (*AG*9)	36-40	15-22	18-22	15-22		75 *Br* 500 kg	5×10^8 4,9
Liga de Al Mg e Mn	18-20	15-16					
Liga de Magnésio de Zinco	25-28	20-30					
Liga de Al = 97. Si = 1 Mn = 0,7. Mg 0,7. (*ASG*) Recozido	10-20	15-18	6-15	15-28			
Idem duro	30-40		28.38	2-10			
Liga de Alumínio 95 Cu 4. Mg 0,5. Mn 0,5 *AV* 4 *G* - recozido	18-25	15-20	6-12	15-20	105 *Br* 500 kg	13 a 5	28
Idem duro	40-55	27	35-45	10-15			
Liga de Alumínio, Magnésio e Silício (recozido)	11-15	9-12					
Liga de Alumínio e manganês - AM. 1 a 2% (recozido)	10-12	10	4,5-6,0	30-40	40	6 a 5	13

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.12 (continuação)
Materiais e composição (por ordem alfabética)

	Resistência à ruptura kg/mm²	Resistência ao cisalhamento kg/mm²	Limite de elasticidade kg/mm²	Alongamento %	Profundidade Ericksen mm (ver fig. 14.8)	Pressão *F* do sujeitador kg/cm²	Dureza
Ni 67. Cu 30 Fe 1,4 Mn 1 Metal Monel Dureza *Rc* = *B* 85	50	39	Ex 10^3 18	40	Pressão *F* no sujeitador 11-18	22 a 10	28
Metal Munts Cu = 59,75 Zn = 40,25. Recozido	37,5		14,5	52	*F* 80		
Idem temperado	50		35	30	*B* 78		
Cu 60 Zn 40 (Idem)	40			30	*DB* 110		
Nylon		5-5,6	1200-1400 kg/cm² (módulo)	180-120 (20°C)	50 *Rc R.*		
Nylon (Poliamidos) *AP* *AM* *DP*		6	5-6 3-4 4-5	4 a 10 6 a 8 5 a 8	11 × 105 13,5 × 105 14,5 × 105		
Níquel	78,5		71	21,5			
Papelão "Prespan"		10					
Pertinax-Novetex		12					
Prata		21					
Tombac Cu 90. Zn = 10	29			36	10		
Zinco 99,7-99,5	17-19			18			
Zinco	13	20		56		12	

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 1.13

Tipos	**ALPACA. Liga de cobre e níquel resistente à corrosão**					
ASTMB	**Composição**					
151	Cu	Ni	Zn	Pb	Mn	Fe
Aplic.	64-66	11-13	21-24	0,03-0,06	0,4-0,6	0,25-0,30
	Parafusos, porcas, rebites, talheres, resistente ar marinho					
122	64-66	17-19	14-16	0,40-0,80	0,5-0,7	0,25-0,30
Aplic.	Instr. térmicos e cirúrgicos, sanfonas estáticas, chaves, talhadeiras, alicates esp. para petróleo. Ind. petrol. e naval					
206	54-56	17-19	24-26	0,01-0,03	0,5-0,7	0,25-0,30
Aplic.	Todos tipos de molas. Ind. naval, auto e elétrica					

Tabela 1.14
Materiais modernos

	Resist. tração	**Resist. cisalh.**	**Escoam. kg/mm²**	**Along. % 2 pol.**	**Dureza *Rc***	**Fadiga kg/mm² ciclos**	**Ex 10^3 Elast.**
Cobre-berílio (*B* 194) *TT* Be 2 Ni 0,35	140 *TT*	67 tratado	120 termica-mente	2,8	400 Br	35 10^8	12
"Hastalloy" *B* Lam. recoz. Ni 62 Mo 30 Fe 5	91	39	42	40	B 96	46 10^8	21,5
Fe Fund. nodular					240		
90-65-02 Fund.	70		50		(Br)	24	17,5
60-45-15 recoz.	50		38,5		160	17	17,5
Titânio recoz.	56		50	25	A 59	35	18,2
Zamak Fund. pres. Al 4 Cu 1 Mg 0,04	33,3	27		7	91	6 10^8	

Materiał chroniony prawem autorskim

Capítulo 2

Tratamento Térmico dos Aços-Carbono

Por meio do aquecimento podemos mudar as condições físicas de um aço para mais resistente, mais duro ou mais macio, conforme o processo.

A isto damos o nome de **Tratamento térmico**, isto é, tratamento pelo calor.

Mas para que esse fenômeno térmico esteja dentro da técnica, isto é, perfeito, é preciso considerar:

1º) Qual a porcentagem de carbono ou grau de dureza da peça ou ferramenta.

2º) Qual a função que a peça ou ferramenta vai exercer.

Nas grandes indústrias, a verificação do teor de carbono é feita por técnicos com aparelhamento especializado, cabendo ao operário temperar, consultando uma tabela. Isto será explicado mais adiante.

Entretanto, nos casos das oficinas menores e em casos especiais, também dentro das grandes indústrias, existe um modo prático de se conhecer a porcentagem de carbono sem aparelhamentos caros.

Como conhecer praticamente o teor de carbono de um aço-carbono

Vimos, atrás, que o resultado melhor ou pior de um tratamento térmico está em se conhecer o tipo de aço que se tem à mão, principalmente quanto ao teor de carbono.

Um modo prático, fácil e rápido de se conhecer isto, embora não seja com a precisão que oferecem os ensaios em aparelhamentos caros, é por meio das centelhas ou chispas desprendidas pelo esmeril, conforme as figuras (nºs 2.1, 2.2 e 2.3).

Material chroniony prawem autorskim

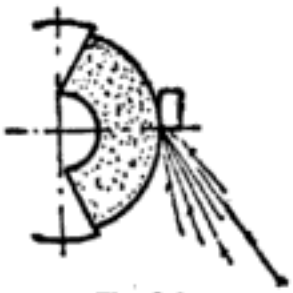


Fig. 2.1
Aço com baixo teor de carbono

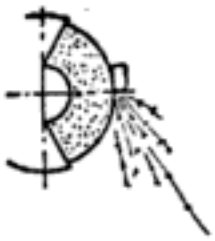


Fig. 2.2
Aço com médio teor de carbono

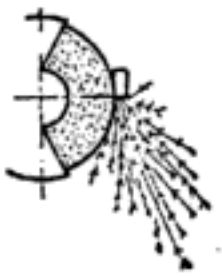


Fig. 2.3
Aço com alto teor de carbono

Qualidades importantes do ferro e do aço-carbono para a usinagem nas máquinas operatrizes

O aço mais comum empregado nas diversas construções de máquinas na indústria em geral, na fabricação de peças e nas ferramentas, é o **Aço-Carbono,** que é uma liga de ferro e carbono.

Quando o carbono entra em pequena quantidade, o aço se apresenta em forma macia, de pouca dureza, constituindo o que na oficina se chama de **Ferro Doce** ou ferro batido, ferro forjável ou ferro maleável.

Quando esta porcentagem de carbono aumenta, o aço adquire maior dureza, constituindo o aço extraduro.

O aço-carbono tem uma porcentagem de carbono que vai de 0,05% a 1,7%, e que acima disto aparece sucessivamente o aço selvagem, o *ferro fundido* e o ferro gusa.

Por ter muito carbono, o aço selvagem é muito duro, sendo de difícil usinagem, além de quebradiço.

Ferro Gusa é o ferro obtido diretamente do minério de ferro no alto forno, na **Siderurgia** e que por ter muito carbono é de extrema dureza, oferecendo grande dificuldade à usinagem de peças, além de ser bastante quebradiço.

Entretanto, é da **Gusa** que se obtêm os aços, o ferro fundido e o próprio ferro doce com a "retirada" ou "queima" do carbono em excesso, nos fornos de aço.

O ferro fundido é obtido fundindo o ferro gusa no forno de fundição ("Cubilot") nas fundições.

Da porcentagem maior ou menor que o carbono aparece no aço é que depende uma série de modificações nas propriedades dos aços, como dureza, resistência ao desgaste, tração, fragilidade etc., fatores estes importantes para a seleção de um aço para usinagem de peças, como a regulagem das máquinas operatrizes e o tratamento térmico.

Por este motivo, estamos apresentando na página 36 um panorama geral dos produtos ferro e carbono que permite, com clareza e rapidez, ter-se uma idéia das qualidades dos diferentes produtos como dos teores respectivos de carbono.

Material chroniony prawem autorskim

Da observação do quadro citado, torna-se importante notar o seguinte:

Quanto maior a porcentagem de carbono no ferro ou no aço, maior a sua dureza.

Dureza é a resistência que o material apresenta ao ser riscado, penetrado etc.

Quanto maior a **dureza,** maior a **resistência ao desgaste**.

Peças e ferramentas muito sujeitas ao desgaste, à fricção, ou a um movimento roçante, devem apresentar dureza para resistirem ao desgaste.

O que um aço ganha em **dureza,** perde em **resiliência.**

Resiliência é a resistência a choques, pancadas, vibrações, golpes, impactos. Toda ferramenta ou peça sujeita a pancadas ou golpes deve apresentar resistência à resiliência (Ver «Tenacidade»).

O que um aço ganha em **dureza,** ganha também em **resistência à tração.**

Resistência à tração é a resistência que **o material** oferece ao ser puxado nos dois extremos (ver figs. 2.8 e 2.9), e é dada em kg/mm^2 (quilograma por milímetro quadrado).

Exemplo: aço 70 kg/mm^2 significa que um mm^2 de secção chega a suportar um esforço de 70 kg quando puxado.

A *resistência à tração* aparece nas tabelas de velocidade de corte e de ângulos, para dar uma orientação sobre a dureza e a classificação do material.

A resistência à tração acompanha até certo ponto a dureza e o teor de carbono do aço.

O que um aço ganha em **maleabilidade**, ganha em **resiliência**.

Maleabilidade é a propriedade que o aço apresenta de poder ser laminado, estampado, forjado, entortado e repuxado.

Os materiais das peças a serem estampadas, forjadas, repuxadas e laminadas devem ter **maleabilidade** e **resistência à resiliência**.

Tenacidade — Sob o ponto de vista da Física, está relacionada com a resistência à tração, isto é, resistência do material ao ser puxado.

Mas na indústria, o termo tenacidade vem sendo popularmente empregado como resistência ao choque ou ao impacto ao lado de resiliência.

Fragilidade — Podemos dizer que são duros, que tendem a se quebrar. Assim esses materiais não devem sofrer choques ou batidas.

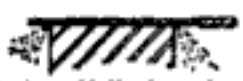
Material chroniony prawem autorskim

Materiais como vidro, ferro fundido, peças temperadas e outros não devem sofrer choques ou batidas.

Ductilidade é o oposto de fragilidade, são materiais que, ao sofrerem a ação de uma força, deformam-se plasticamente sem se romperem.

Elasticidade é a propriedade do material que, ao ser aplicada uma força, ele se deforma, e quando essa força for cessada, o material volta à posição inicial. A mola é um material elástico.

Tabela 2.1
A influência do carbono sobre a qualidade do aço e do ferro

Aço doce	Aço semiduro	Aço extraduro	Aço selvagem	Ferro fundido	Ferro gusa
menor teor de carbono ← Porcentagem de carbono → maior teor de carbono					
0,05 a 0,4	0,4 a 0,8	0,8 a 1,7	1,7 a 2,3	2,4 a 4	4 a 6
menos duro, menor resistência ao desgaste ← Dureza → mais duro, maior resistência ao desgaste					
 Macio, fácil de usinar (limar, tornear, fresar).		Figs. 2.4 e 2.5 Duro, difícil de usinar. Maior resistência ao desgaste.		 Não é usinável industrialmente, exceção do ferro fundido.	
Menos quebradiço ← Resiliência → Mais duro, mais quebradiço. Resistência a choques e golpes					
 Resist. a pancadas, golpes, choques e vibrações sem quebrar-se, mas amassa.		Figs. 2.6 e 2.7 Resiste menos a golpes e pancadas.		 Não resiste aos golpes e pancadas. Muito quebradiço.	
Menor ← Resistência à tração → Maior					
 Resiste pouco à tração.		Figs. 2.8 e 2.9 Maior resistência à tração		 Boa resistência à tração.	
Maior ← Maleabilidade → Menor					
 Lamina-se bem. Facilidade para forjar, estampar, amassar.		Figs. 2.10 e 2.11 Menor facilidade para forjar, estampar, laminar, etc.		 Não pode ser laminado, estampado, forjado, etc.	

Materiał chroniony prawem autorskim

Recozimento

Como deixar um aço macio, mole, fácil de trabalhar

Para que possamos trabalhar um aço como, por exemplo, **furar** com facilidade, serrar, dar formato, fazemos inicialmente o recozimento.

Em linguagem popular de oficina o recozimento é conhecido como "destemperar".

Uma peça recozida torna-se macia e um aço temperado, duro e resistente, torna-se brando e fácil de trabalhar depois de recozido.

Como fazer o recozimento dos aços-carbono

Em linhas gerais, o recozimento é feito aquecendo-se a peça entre 700 e 880° (conforme o aço) e esfriando **lenta** e **vagarosamente** em fornos ou em caixas fechadas com areia, cal ou cinza, de forma a resguardar a peça de um resfriamento rápido.



Fig. 2.12


Observe que quando uma broca tem ambos os lábios cortantes afilados por igual, o cavaco sai por igual
Peça recozida fácil de usinar

Fig. 2.13

Quando conhecemos a porcentagem de carbono do aço (fornecido pelo fabricante), basta consultar a tabela de recozimento. Quando não temos o dado acima, temos que:

1º) Ir ao esmeril para termos uma idéia do teor de carbono da peça (figs. 2.1, 2.2 e 2.3).

2º) Consultar a tabela para termos uma base da temperatura de recozimento.

3º) Deixar a peça ou ferramenta esfriar lentamente ao abrigo do ar, em uma caixa de areia seca, de cal ou de cinza, ou no próprio forno, se houver na organização industrial.

Material chroniony prawem autorskim

Suponhamos que vamos recozer

Exemplo: Um punção de bico de aço-carbono.

1º) Vamos ao esmeril e verificamos que o punção desprende boa quantidade de centelhas.

2º) Consultando a tabela (nº 2.1), achamos que o que mais se aproxima é o aço para ferramenta, indicando uma temperatura de 700 a 780º, isto é, vermelho escuro.

3º) Aquecemos então a ferramenta até atingir a coloração indicada.

4º) Atingida aquela cor, deixamos a ferramenta esfriar *lentamente* em uma caixa de areia, cinza, cal ou forno, isto é, abrigado do ar durante várias horas ou dias, conforme a dimensão da peça.

Como recozer uma peça (quando se tem a porcentagem de carbono)

As grandes indústrias, trabalhando com grande número de peças ou ferramentas, possuem aparelhamentos para recozimento.

Neste caso, a indústria oferece os dados de porcentagem de carbono avaliado por aparelhamentos e técnicos. Basta consultar as tabelas fornecidas pela fábrica, ou as deste livro, aquecendo e esfriando no próprio forno de recozimento.

Tabela 2.2
Orientação para as temperaturas de recozimento dos aços-carbono

Materiais e % de carbono	Temperatura	Aquecendo à cor
Aço de 0,3 a 0,5% de carbono. Poucas chispas ou estrelinhas	800° a 840° C	vermelho suave
Aço de 0,5 a 0,8% de carbono. Maior quantidade de estrelinhas	780° a 800° C	vermelho forte
Aço de 0,8 a 1,1% de carbono. Boa quantidade de chispas e estrelinhas	700° a 780° C	vermelho escuro
Aço para ferramentas de 1,1 a 1,5% de carbono. Alta quantidade de estrelinhas	680° a 710° C	vermelho amarronzado
Aço rápido e ligas	720° a 880° C	vermelho claro

Material chroniony prawem autorskim

Como fazer a têmpera ou como dar dureza à peça

Feito o recozimento na peça e dado o formato que ela deve possuir, é preciso comunicar a dureza, do contrário a peça se amassaria ou se deformaria no trabalho, e uma ferramenta não cortaria, mas amassaria o corte.

A obtenção da dureza é conseguida pela **têmpera.**

Para que esta também seja perfeita, deve-se observar, além do recozimento, a quantidade de carbono e a função que a peça vai executar.

Primeiro, observe a porcentagem de carbono da peça por alguns dos meios abaixo:

Meios de se verificar a porcentagem de carbono dos aços

1) Se a indústria trabalha com grande quantidade de peças, necessariamente deve ter uma secção química para análise do material. Neste caso, se a têmpera for em quantidade apreciável de peças, guie-se pela análise.

2) A prova da dureza também pode fornecer razoavelmente a porcentagem de carbono por comparação de tabelas. Também esta verificação como a precedente compensa quando se tratar de muitas peças a temperar (fig. 2.15).

3) Os próprios fabricantes, quando bem organizados, fornecem a ficha de porcentagem de carbono de seus materiais. É uma boa fonte para se guiar quanto à têmpera.



Fig. 2.14

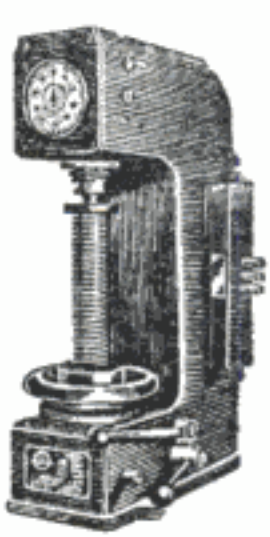


Fig. 2.15

Materiał chroniony prawem autorskim

4) Não podendo contar com nenhum dos meios anteriormente citados, lança-se mão da verificação pelo esmeril, como é o caso das oficinas pequenas ou de manutenção, ou pequenas quantidades de peças (figs. 2.1, 2.2 e 2.3).

5) Obtida a porcentagem de carbono das peças, por qualquer dos meios acima, a tabela de têmpera (tabs. 2.3 e 2.4) nos indicam a temperatura a que devemos elevar o material.

6) De posse da temperatura, temos vários meios de se conseguir aquecer as peças, alguns bons, outros razoáveis.

Como a boa têmpera depende da observação da porcentagem de carbono e do modo de aquecer, vejamos quais os meios de se conseguir isso:

Como aquecer a peça para a têmpera

No aquecimento direto na forja (fig. 2.16), é comum haver perda de carbono da peça (descarbetação), alterando a constituição do aço da peça. Já no aquecimento indireto pelo banho de chumbo, ou de sais, aproveitando o calor da própria forja (fig. 2.16), o inconveniente da perda do carbono desaparece praticamente, além de se conseguir uma temperatura uniforme sobre toda a extensão da peça. Atualmente as forjas de carvão estão sendo substituídas por fornos pequenos a gás de botijão. Além de poder controlar uma temperatura uniforme e neutra, ganha-se em tempo e limpeza (fig. 2.17).

As grandes organizações necessariamente usam fornos onde além de se poder contar com temperaturas precisas, com marcadores (pirômetros), oferecem menor perigo da perda do carbono.

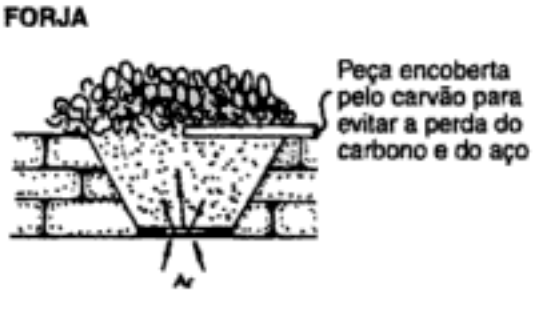
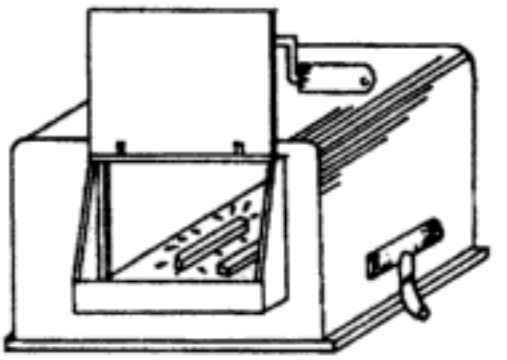


Fig. 2.16



Forno forja a gás

Fig. 2.17

Material chroniony prawem autorskim

Como fazer o aquecimento pelo banho de chumbo

Existem fornos especiais onde se pode obter o aquecimento em banho de chumbo, ou de sais. A figura 2.18, abaixo, mostra como obter isto na própria forja, no caso de peças esparsas. Estas são colocadas dentro do banho de chumbo, e como este tem densidade maior, há a tendência das peças boiarem, daí a razão da haste acima. A vantagem do processo de aquecimento em banho de chumbo ou de sais é a uniformidade do aquecimento e a menor perda do carbono.

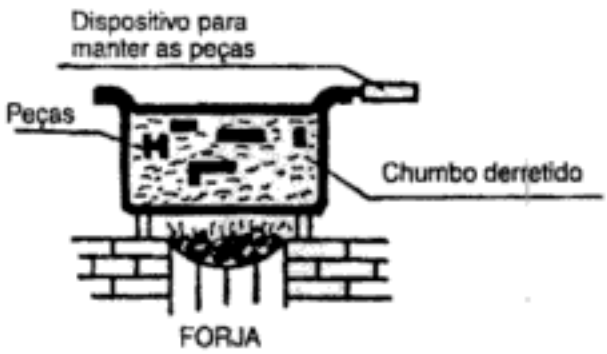


Fig. 2.18

Atenção

> Nas forjas a gás, é possível obter-se atmosfera redutora, usando maior quantidade de gás combustível e pouco oxigênio. A atmosfera redutora diminui a possibilidade da perda do carbono (queima) do aço.

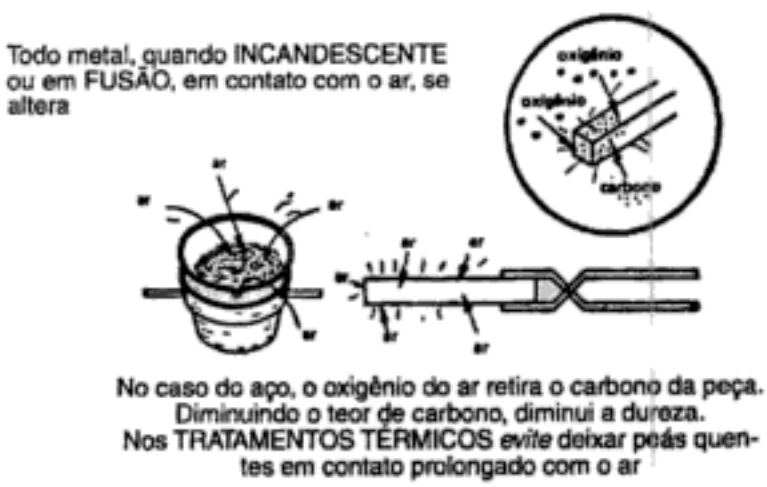

Todo metal, quando INCANDESCENTE ou em FUSÃO, em contato com o ar, se altera
oxigênio
oxigênio
carboco
ar
ar
ar
ar
ar
ar
No caso do aço, o oxigênio do ar retira o carbono da peça.
Diminuindo o teor de carbono, diminui a dureza.
Nos TRATAMENTOS TÉRMICOS *evite* deixar peças quentes em contato prolongado com o ar

Fig. 2.19

Materiał chroniony prawem autorskim

Nas grandes indústrias que dispõem de fornos com pirômetros indicadores de temperatura, o problema se simplifica. Entretanto, nas oficinas pequenas, e mesmo nos casos de têmperas esparsas, ou de pequeno número de peças, essa têmpera é feita "a olho", observando-se as mudanças de cores, o que sempre requer prática, e por conseguinte é bastante sujeita a erros.

A explicação que se segue vem corrigir esta dificuldade, ensinando a têmpera ao alcance de todos, com melhor perfeição dentro da técnica.

Atenção — Para orientação em tratamentos de aços de trabalhos a quente veja páginas finais.

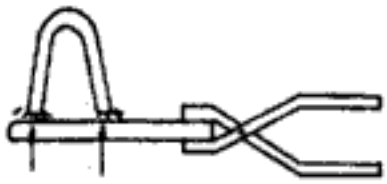


Fig. 2.20

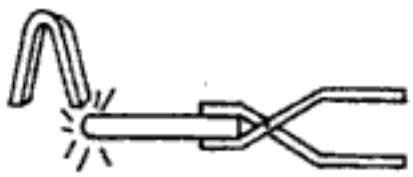


Fig. 2.21

Como temperar, dentro da técnica, sem necessidade de pirômetros, tabelas ou observação de cores

O ímã tem atração sobre o aço frio e quente (veja fig. 2.20) mas, ao atingir um determinado grau de aquecimento, o **ímã não tem mais ação sobre o aço** (fig. 2.21). Ao chegar a este ponto é o momento de mergulhar o aço no banho de resfriamento para temperar.

Tabela 2.3
Orientação de como temperar e revenir através de observação de cores

Ferramenta	Têmpera		Revenido
Para torno Para a limadora Para a plaina	Vermelho escuro 780° C	Óleo	Calor interno Cor violeta ao amarelo palha
Talhadeiras e bedames	Vermelho suave 880° C	Óleo	Amarelo claro
Fresas	Vermelho forte 770° C	Óleo	Corpo, cor azul escuro Dentes cor amarela
Punções e matrizes	Vermelho forte	Óleo	Corpo cor lilás Corte cor amarela
Machos para rosca	Vermelho forte 770° C	Óleo	Cor lilás
Estampo a quente	Vermelho forte 770° C	Óleo	Cor amarelo palha
Cossinetes	Vermelho forte 770° C	Óleo	Cor lilás

Material chroniony prawem autorskim

Orientação prática para a têmpera

Muitas estrelinhas no esmeril — esfriar no óleo
Poucas estrelinhas no esmeril — esfriar na água
Média quantidade de estrelinhas no esmeril — esfriar na água ou no óleo indiferentemente.

A variação da têmpera de acordo com a função da peça

A têmpera a ser dada a uma peça deve estar de acordo com a **função** que esta mesma peça vai exercer, se sujeita a choques, pancadas, vibrações, pressão, atrito etc.

Na tabela 2.4 vemos como podemos fazer uma têmpera forte ou suave. Como orientação geral, observe:

Peças ou ferramentas sujeitas a golpes, vibrações, pancadas, choques, abalos — têmpera branda para não trincar.

Peças e ferramentas sujeitas a peso, pressão, esforço, atrito — a têmpera deve ser dura ou forte para não se deformar.

Orientação sobre o resfriamento na têmpera, ou como se fazer uma têmpera dura ou suave

Tabela 2.4

Têmpera suave resfriar em	Têmpera média resfriar em	Têmpera dura resfriar em
Água morna Óleo Sal Sebo Óleo de colza Água de cal Água quente	Água destilada ou de chuva Água comum a 20° C	Água salgada Água acidulada (ácido muriático ou clorídrico)

Observe estas recomendações no ato de temperar

1) A água deve ser fria (abaixo de 20°) e ser renovada quando houver muitas peças a temperar, do contrário ela se aquece.

2) As peças devem estar limpas e secas.

Materiał chroniony prawem autorskim

3) Não aquecer demasiadamente rápido.

4) Aquecer por igual o ponto que vai receber a têmpera.

5) Não prolongar mais do que o necessário o aço no forno ou na forja. Estraga o aço perdendo o carbono. (Ver figura 2.19)

6) Ao esfriar, movimentar a ferramenta (fig. 2.22).

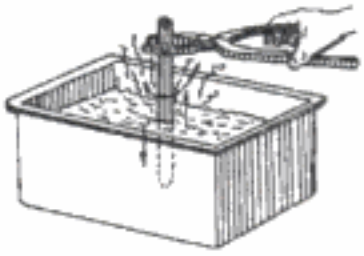


Fig. 2.22

7) Se for ferramenta de corte, aquecer o gume até uns 25 mm acima e mergulhar cerca de 35 mm a ponta por ocasião do resfriamento.

8) Ao esfriar, não encostar a ferramenta na parte metálica do recipiente.

9) Quando uma ferramenta não "pega" têmpera, e continua branda, é porque recebeu calor excessivo e se alterou.

10) O volume do refrigerante, água ou óleo, deve ter uma relação com as dimensões das peças a serem resfriadas, e guardar sempre uma temperatura uniforme, isto é, depois de um uso contínuo tende a aquecer, devendo ser renovado.

Observações sobre a folha de tratamento térmico (tab. nº 2.5)

1) Observe que, conforme a porcentagem de carbono do aço vai aumentando, também a **resistência à tração e a dureza aumentam**.

Por outro lado, a temperatura para forjar, temperar e recozer vai diminuindo conforme a porcentagem de carbono vai aumentando.

2) Até 0,8% de carbono o resfriamento da têmpera deve ser feito na água, mas acima deve ser feito no óleo.

3) Não se indicou para a temperatura de revenido uma temperatura fixa, mas de grande variação. Isto porque a dureza de utilização depende da temperatura usada no revenido. **Com uma temperatura de revenido menor, se obtém maior dureza final na peça**, mas em compensação, **menor tenacidade**.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 2.5
Folha para orientação de tratamento térmico dos aços-carbono

Classificação SAE como referência	1005	1010	1020	1030	1038	1050	1060	1070	1080	1090		
Porcentagem de carbono	0,05	0,10	0,20	0,30	0,38	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
Reconhecimento pelo esmeril	Poucas estrelinhas				Média quantidade de estrelinhas					Maior quantidade de chispas e estrelinhas		
Resistência à tração kg/mm²	30-40	40-50	42-55	45-60	50-65	60-75	70-85	80-95	85-100	90 100	95 105	100 110
Dureza Brinell 3000/10 (aprox.)	96	112	140	149	158	167	191	209	223	235	255	268
Temperatura de forjamento	1200 1100	1150 1000	1100 800	1100 800	1100 800	1100 800	1050 800	1050 800	1050 800	1000 850	980 850	980 850
Cor correspondente	amarelo claro	amarelo escuro	vermelho amarelado								vermelho claro	
Temperatura de recozimento	900 1000	800 900	690 710	690 710	690 710	690 710	690 710	690 710	690 710	690 710	750	770
Cor correspondente	vermelho amarel.	vermelho claro	vermelho escuro								vermelho cereja escuro	
Temperatura de normalização			880 920	860 880	860 880	840 960	810 830	810 830	810 830	790 810	780 800	770 800
Temperatura de têmpera			880 900	840 870	830 860	800 840	800 840	800 840	790 860	810 840	800 840	770 800
Cor correspondente			vermelho amarelo	vermelho claro	vermelho cereja					cereja claro		
Temperando em			à	g	u	a	água ou óleo			ó	l	c o
Temperatura de revenido			150 680	300 680	300 680	200 600	150 700	150 700	150 600	150 600	150 600	
Ponto de fusão	1545	1545	1530	1520	1510	1500	1490	1485	1480	1475	1470	1460

Materiał chroniony prawem autorskim

Empregando **temperatura de revenido maior, a peça sairá com dureza final menor**, mas também **maior tenacidade**, isto é, **maior resistência ao choque**.

4) A escolha final da temperatura de revenido dependerá muito da função ou esforços a que a peça irá se submeter.

5) **Até 0,4% de carbono os aços-carbono não adquirem têmpera,** mas costuma-se aplicar este tratamento com o fim de alterar fisicamente a estrutura do mesmo. A folha dá indicação a partir de 0,2% de carbono.

6) **Até 0,4% de carbono emprega-se muito a cementação,** fazendo em seguida a têmpera, que deve ser especial (pág. 54).

7) Com o aparecimento de outros tipos de aços, os aços-carbono, com porcentagem acima de 1%, vêm sendo substituídos.

Como usar a tabela de tratamento térmico (tab. nº 2.5)

Vejamos como exemplo a têmpera de um punção de bico.

Para uma têmpera correta é preciso ter a porcentagem de carbono do aço, o que pode ser obtido pela própria indústria fornecedora.

Supondo-se ser aço de 1% de carbono, vamos à tabela, na fileira correspondente a este item, que é a 2ª linha. Daí seguimos à frente, até a coluna correspondente à porcentagem de 1%, que é a 11ª. Para a têmpera, encontramos a temperatura de 800 a 840°C. Abaixo, além das indicações das cores, temos a de que esta têmpera deve ser feita no óleo.

Outro exemplo: Recozer e temperar um aço de 0,50% de carbono.

Resposta: Temperatura de têmpera: 800 a 840°C em água. Recozimento a 690 a 710°C.

O que é revenir e como revenir corretamente

Temperada a peça, precisamos revenir.

Finalidade do revenido: — Muitas vezes a têmpera não dá uma dureza homogênea ou conveniente à peça, deixando-a com dureza excessiva, sujeita a trincar-se facilmente. O revenido, além desta finalidade, aumenta a tenacidade e a resistência da peça.

Como se faz o revenido: — *Processo pelo calor interno*. Logo após a têmpera, a peça ainda guarda um calor interno que, conforme volta à superfície, vai mudando-a de coloração, que vai desde o amarelo claro (220°C) ao cinza esverdeado (325°C). Ver a tabela 2.6. Ao chegar à cor amarela ou azul, esfria-se

Materiał chroniony prawem autorskim

a peça em água, óleo ou ar, como se fez na têmpera. O importante é saber escolher a cor ou a temperatura observando o quadro abaixo.

Ferramentas não sujeitas a choques ou pancadas: brocas, torno, alargadores, fresas.	Revenir na cor amarela (entre 200 a 240°C).
Ferramentas ou peças sujeitas a choques: talhadeiras, punção, machos, martelo.	Revenir na cor vermelha púrpura ao violeta (270 a 280°C)
Ferramentas ou peças que necessitam maior tenacidade do que dureza (chave de fenda)	Revenir na cor azul (300°C)

Revenido por calor externo: — É o mais usado nas indústrias grandes, ou em grandes quantidades de peças. Neste caso, ao invés de se aproveitar o calor interno, as peças depois de temperadas são novamente aquecidas, para depois serem esfriadas.

Para o revenido recomenda-se:

1) Efetuar logo após a têmpera.
2) Quando se trabalha pela coloração, é preciso que as peças estejam limpas (livres de óleo e de óxidos), caso contrário não se observa a mudança da coloração.
3) Para *maior dureza* (têmpera dura) escolher as *cores de revenido mais claras,* isto é, *temperaturas mais baixas.*
4) Para maior *tenacidade* escolher as *cores* de revenido *mais escuras,* isto é, *temperaturas mais altas.*

Revenido por banho de areia

É usado para peças como machos, coxinetes, alargadores, brocas.
Consiste em aquecer as peças em um banho de areia.

Revenido em banhos de óleo ou de chumbo (para grandes quantidades de peças)

As grandes organizações industriais que temperam e fazem o revenido em série em considerável número de peças (e este revenido precisa ser em temperaturas corretas), usam os banhos de óleo ou de chumbo, que assim podem manter as peças em temperaturas estáveis e exatas. Quando as temperaturas de aquecimento devem ser maiores, lança-se mão de banhos de chumbo derretido.

Material chroniony prawem autorskim

Para temperaturas menores que 327°C, junta-se estanho ou antimônio, baixando-se assim a temperatura.

Tabela 2.6
Cores do revenido do aço

Amarelo palha	220° C
Amarelo	230° C
Amarelo pardo	245° C
Amarelo marrom	255° C
Marrom púrpura	265° C
Vermelho púrpura (lilás)	275° C
Violeta	285° C
Azul escuro	295° C
Azul claro	310° C
Cinza verde	325° C

Acima de 330°C desaparece a cor e o aço toma a cor negra.

A influência da temperatura do revenido sobre a dureza e a resiliência

Quanto mais **alta** for a temperatura do revenido empregada, tanto **menor será a dureza** do material, mas em compensação, **maior** será a resistência aos choques e pancadas (tenacidade).

Se a temperatura do **revenido** adotada **for baixa,** a peça adquire **maior dureza,** mas em compensação, **perderá em resiliência** (mais frágil).

Exemplo de influência da temperatura do revenido sobre a dureza e a resiliência.

Tabela 2.7

Temperatura do revenido	0	100	200	300	400	500	600
Dureza	60	58	57	52	44	37	28
Resiliência	0,4	0,7	0,8	0,7	1,4	3,2	6
			Aço S A E 1045 temperado				

Material chroniony prawem autorskim

Como o revenido é realmente o processo final do qual irá depender a dureza também final das peças, percebe-se a importância de se conduzir bem este tratamento.

As grandes indústrias bem organizadas, após o revenido, fazem um controle de verificação da dureza, submetendo-as às provas de dureza. Para um controle melhor desta dureza final, consultar a tabela 2.16.

Atenção — Para tratamento térmico de aços especiais, ver pág. 66.
Para aços trabalhados a quente, ver pág. 67.

Cementar, ou dar uma camada superficial dura ao ferro doce

A finalidade da cementação é deixar o ferro doce com uma superfície endurecida em sua parte externa, a fim de resistir melhor ao desgaste, ao atrito, ao trabalho. É como formar uma camada de aço duro em volta de peça de ferro de baixo teor de carbono (aço doce). Tem uso em engrenagens, rosca sem fim, parafusos, eixos, fieiras, etc. (fig. 2.23).

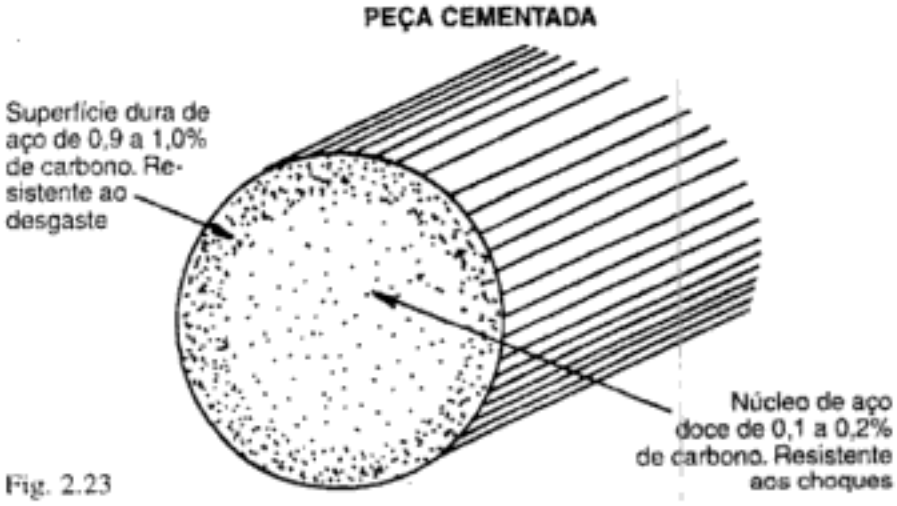

PEÇA CEMENTADA
Superfície dura de aço de 0,9 a 1,0% de carbono. Resistente ao desgaste
Núcleo de aço doce de 0,1 a 0,2% de carbono. Resistente aos choques

Fig. 2.23

Cementação sólida ou em caixa. A mistura carbonetante sólida é colocada em caixas especiais (ver fig. 2.24), envolvendo muito bem as peças a serem cementadas.

Em seguida, as caixas hermeticamente fechadas e calafetadas com barro, são levadas ao forno, sofrendo inicialmente um aquecimento lento de 800-900°C para depois chegarem à temperatura de cementação de 900-950°C. Para que haja aquecimento por igual, é preciso que estas caixas estejam sobre calços de tijolos

Material chroniony prawem autorskim

refratários de 5 a 10 cm de altura, e fiquem distanciadas umas das outras, para melhor distribuição do calor.

Materiais cementantes sólidos. Podem ser usados o carvão vegetal em pó, ou ossos, chifre, couro.

Uma mistura cementante que se pode preparar é a seguinte: 80% de carvão vegetal em pedaços de 3 a 6 mm e 20% de carbonato de bário, ou então: 60% de carvão vegetal, 20% de coque granulado, e 20% de carbonato de bário. Em lugar de carbonato de bário, pode-se empregar também o carbonato de cálcio, ou carbonato de sódio, ou ainda o ferrocianureto de potássio, ou o ferrocianureto de sódio.

Atenção

Com o tempo, a mistura cementante perde a sua atividade.
Deve ser renovada. Use os materiais cementantes sempre bem secos.

A profundidade da camada cementada pode variar desde um endurecimento superficial até 2,5 mm de espessura com o tempo de 1 a 12 horas.

Em média 0,1 mm (1 décimo de mm) por hora.

Cementação rápida

Cementação em cianeto — Além da cementação antes descrita, pode-se utilizar um processo rápido por meio de pós especiais, já à venda com diferentes nomes e ricos em cianeto.

A peça deve ser aquecida a 800°C em um banho de cianeto de potássio sem ferver. Em média, consegue-se 1 mm de profundidade para um tratamento de 2 horas a 900°C.

Vista de uma caixa de cementação (fig. 2.24). O corpo de prova pode ser retirado para verificação do andamento da cementação.

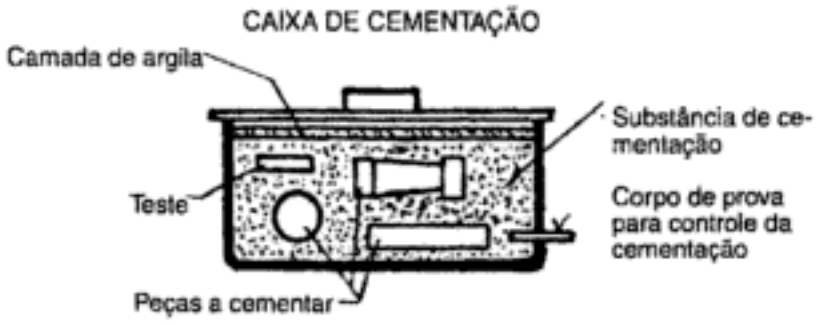


Fig. 2.24

Materiał chroniony prawem autorskim

Além disso, um corpo-teste serve para orientar sobre o resultado geral. Conforme a dimensão, uma caixa pode conter várias peças (fig. 2.24).

Cementação e têmpera

Conforme a necessidade, as peças podem ser cementadas e, em seguida, temperadas, mergulhando-as logo após em banho de água ou de óleo, conforme o caso. (Ver também pág. 54).

A profundidade da camada de cementação depende:

a) do tempo de cementação; b) da temperatura; c) do tipo do aço. As peças devem estar limpas, desengorduradas e livres de óxidos. A cementação é usada nos aços extradoces até 0,4% de carbono, mas, acima de 0,2% a cementação já provocaria fragilidade à peça. Dificilmente a cementação ultrapassa 2,5 mm de penetração.

Tempo de penetração da cementação

1 hora 0,15 mm	5 horas 0,70 mm
2 horas 0,30 mm	6 horas 0,80 mm
3 horas 0,45 mm	7 horas 0,92 mm
4 horas 0,58 mm	8 horas 1,00 mm

No quadro acima, considera-se como normal a temperatura, não sendo superior a 950°C e nem inferior a 850°C.

Tabela 2.8
Influência do tempo e da temperatura na cementação

Temperatura	Tempo na cementação								
	1h	1,30h	2h	2,30h	3h	4h	5h	7h	8h
250°				0,2	0,5	0,8	1	1,2	1,5
1000°	0,5	0,8	1	1	1,2	1,5	2	2,3	2,5

Como se vê acima, a penetração da cementação na peça é proporcional ao tempo do cementado e à temperatura. Quanto maior a temperatura empregada (950°C) e o tempo de exposição, maior será a espessura da parte cementada.

Materiał chroniony prawem autorskim

Cementação líquida ou cementação em banhos de sais

Obtém-se maior uniformidade, produção contínua e menor tempo. Para evitar deformações, as peças devem ser pré-aquecidas até 500°C antes de entrar para o banho de cementação.

O banho cementante é constituído de carbono em suspensão e 5 a 10% de cianureto, ou ainda sais de cloreto, ou carbonatos alcalinos.

A cementação líquida é empregada para aços doces (baixo teor de carbono), ou ainda para aços especiais de níquel ou de níquel-cromo.

Para aços-níquel, temperatura de 875°C
Para aços-carbono, temperatura de 925°C

Neste processo, o tempo de cementação se distribui da seguinte forma:

Horas	2 horas	6 horas	12 horas
Camada cementada	1 mm	2 mm	3 mm

AÇOS Cr Ni a 900°C

Tempo e profundidade de cementação			
10 min	0,15 mm	1 hora	0,62 mm
20 min	0,30 mm	1,30 h	0,68 mm
30 min	0,40 mm	1,50 h	0,72 mm
40 min	0,48 mm	2 horas	0,82 mm
50 min	0,56 mm	2,5 h	0,90 mm
	3 horas	1,00 m	

Como deixar partes das peças sem cementar

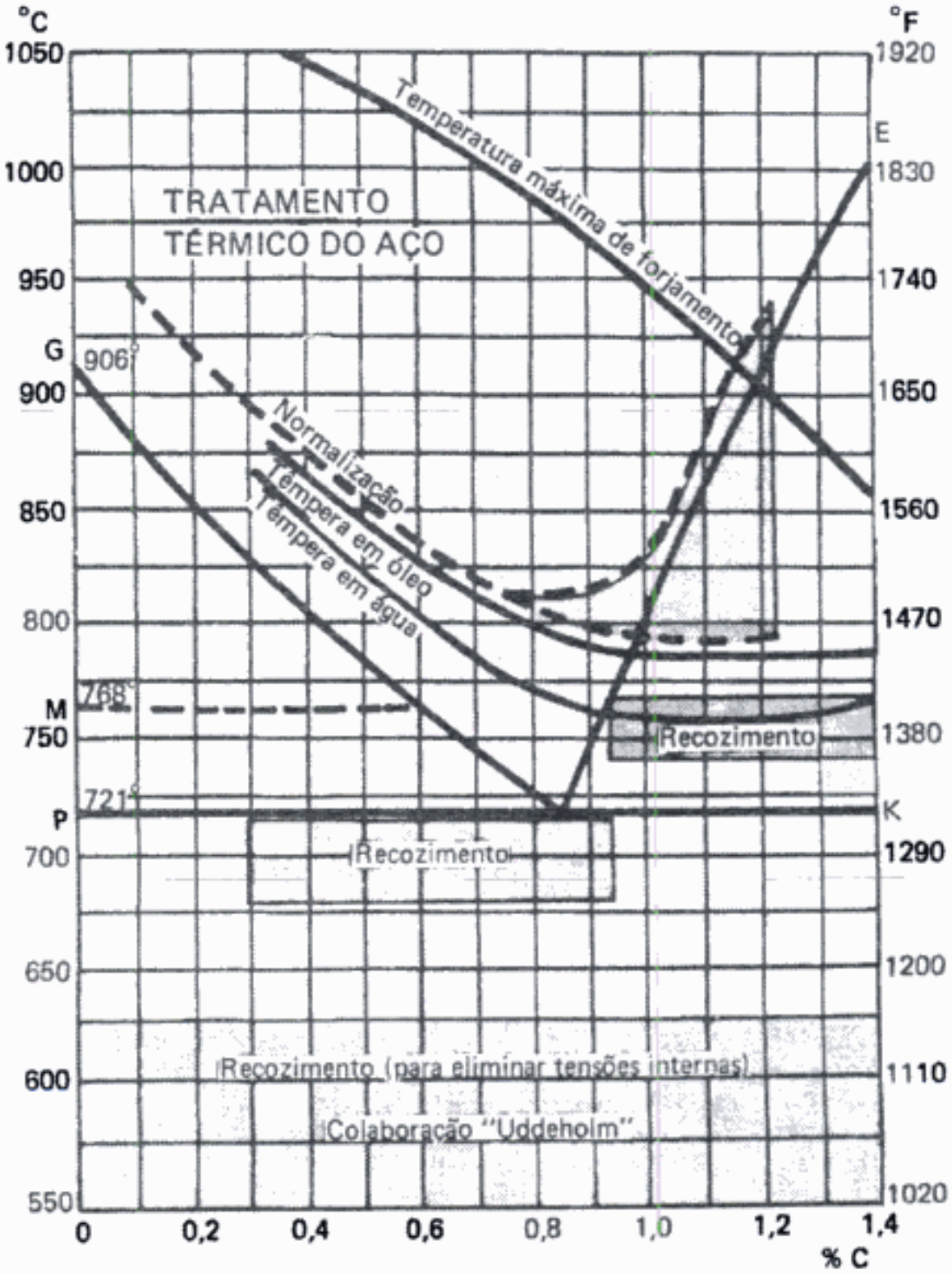
Necessitando que partes das peças fiquem sem cementação para posterior usinagem, cobre-se as referidas partes com argila, amianto, ou um cobreado com uma espessura mínima de 0,05 mm.

Nitração — maior rendimento e dureza nas ferramentas

Como fazer — As peças são colocadas em caixas de Ni-Cr (níquel-cromo) circulando internamente a substância nitrante ou amoníaco (NH^3) ou em banho

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 2.9



Exemplo — Aço 0,6% de carbono. Subindo a linha 0,6 achamos recozimento para eliminar tensões internas: 625°C máximo. Recozimento 680 a 715°C. Têmpera em água 800°C, e em óleo 825°C. Temperatura máxima de forjamento 1.015°C.

Material chroniony prawem autorskim

de sal especial, levando ao forno até à temperatura de 500°C, onde se mantêm em tempo proporcional à penetração.

Uso — Usa-se para cementação de aço Cr-Al-Mo, Ni-Cr-W, aços rápidos para ferramentas, brocas, alargadores, fresas, conseguindo uma grande durabilidade.

Vantagens — O processo acima oferece a vantagem da não deformação das peças, a não diminuição da dureza, mesmo aquecidas até 450°C, além da excepcional dureza e durabilidade das ferramentas.

Como fazer uma têmpera perfeita em peças cementadas

Uma têmpera perfeita depende do fim a que se quer chegar. Se quisermos fazer com que a parte interna, ou núcleo da peça, conserve-se macia, fácil de usinar, sem estar muito sujeita às alterações por deformação, fazemos a têmpera da parte superficial, isto é, da parte cementada da peça. E como toda têmpera depende da porcentagem de carbono e já de antemão sabemos que a parte cementada tem a sua porcentagem de carbono ao redor de 1%, consultando-se a tabela, vemos que para 1% de carbono a temperatura é de 775° a 780°, e a têmpera a óleo.

No caso de precisarmos dar ao núcleo uma alta resistência aos choques e pancadas, às vibrações etc., então fazemos duas têmperas, uma para o núcleo e outra para a parte cementada. Esperamos que as peças esfriem primeiro na própria caixa de cementação, ou no ar, depois fazemos primeiramente a têmpera do núcleo a 930°C e em seguida a têmpera da parte cementada a 780° no óleo.

Como fazer o revenido de peças que, além de cementadas, foram temperadas

O revenido nos casos acima deve ser de 135 a 180°C, isto é, à baixa temperatura

Como forjar, recozer, temperar e revenir os aços rápidos indicados na tabela 2.10

Forjar — 1º) Com o material limpo e seco, aquecer lentamente e com uniformidade até 850°C.

2º) Elevar até 1.250°C.

3º) Interromper entre 950° a 1.000°C.

4º) Esfriar lentamente ao abrigo do ar em areia seca, cinza ou forno fechado.

Material chroniony prawem autorskim

Recozer — Para o recozimento do aço rápido colocamos as peças em caixa contendo carvão em pó ou cavaco de ferro fundido. No forno são aquecidos lentamente até alcançar 870°C a 900°C mantendo nesta temperatura de 2 a 6 horas. A presença do pó de carvão é para evitar a descarburação superficial, isto é, que o aço perca parte de um de seus ingredientes. Para que o aquecimento seja por igual em toda peça, convém permanecer um mínimo de 2 horas no forno após ter atingido temperatura de 700°C. Todo o segredo do recozimento consiste em esfriar a peça lentamente, o que se faz dentro do próprio forno até 200°C para depois tirar fora, ao abrigo de correntes de ar.

Temperar — 1º) Aquecer a ferramenta lenta e vagarosamente, até mais ou menos 550°C, de sorte que a mesma tenha o aquecimento por igual em todos os pontos.
2º) Elevar a temperatura até mais ou menos 900°C, aí permanecendo um certo tempo, para que o calor seja por igual em toda a peça.
3º) De 900°C elevar a temperatura entre 1.250°C e 1.280°C.
4º) Quando este último aquecimento estiver por igual, esfriar:

a) em banho de sal, mantido à temperatura de 540 a 560°C e retirar ao ar livre, sem correntes de vento;

b) em óleo até 150°C ou em sopro de ar até 150°C.

Revenimento do aço rápido

1º) Logo após a têmpera, aquecer lentamente até 560-590°C, primeiro em forno a circulação de ar e depois em banho de sal, conseguindo, assim, temperatura com maior precisão.

2º) Fazendo um segundo revenimento, obtém-se maior tenacidade aquecendo à temperatura de 530-550°C.

3º) Permanecer um mínimo de 2 horas para perfeita distribuição do calor e esfriar no ar, fora de correntes de vento.

Material chroniony prawem autorskim

Marcas equivalentes dos aços rápidos mais empregados na indústria nacional, e orientação para os tratamentos térmicos

Tabela 2.10

NORMA ALEMÃ	3251 *ECo5*	3265 *E18Co10*	3355 *B-18*
NORMA AMERICANA AISI	*T-8*	*T-5*	*T-1*
VILLARES	*V W K 5*	*V W K 10*	*V W* Super
BOEHLER	Super rápid. Extra 500 *N*	*C C*	Super rápid. extra
MARATHON (Acesita)	Kobalt-2	Kobalt-1	Rapid spezial
SOEDERFORS Braismet	Sod-27	Sod-28	Sod-25
PHOENIX	Hanza Spezial *K-5*	Hanza Spezial *K-10*	Pluto *G*
UDDEHOLM	Castor 8	Castor 9	Castor 3
ROECHLING (Dibraço)	Cutter extra	Gigant-88	*DRA-18* Gigant-33
ROFORS T. Janer	2-5	*Q-10*	*P-10*
BALFOUR	Ultra Capital plus one		Ultra capital
JESSOP (Termo aço)	Jesco	Purple Label Extra	Ark-Superior
ALEGHENY LUNDLUM (Brazaço)	Panter Extra *H*	Super Panter	LXX
AÇO BRAS	Brapid-55		Brapid-18
ALPINE	Grandios	Grandios Extra	Komalp-3-*H* extra
POLDI G. Jacob F.	Radeco		Maximum Special 55
ATLAS	Powatan	Nipegon	Spartan-7
Emprego	Ferramentas de torno, fresa, plaina, broca, bits, p/ o corte de mat. duros, aços-ligas, mangan. fer. fund., plást.	Ferramentas de corte. Grande rendimento. Desbaste em mat. abrasivo aços-ligas, ferro fund. plást.	Ferramentas p/ trabalhos pesados, rodas de locomotivas, facas p/ madeiras, cossinetes, alarg. brocas, brochas
CARACTERÍSTICAS	5% de cobalto. Resist. ao calor, e ao corte	10% cobalto. Suporta temp. maiores que o anterior	Tungstênio 18 Cromo 4 Vanádio 1

Observação — A equivalência dos aços acima é aproximada. (Extraído das tabelas de AÇOS VILLARES, com autorização.)

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 2.11
MARCAS EQUIVALENTES DE AÇOS ESPECIAIS

Nº de ref.	Norma DIN (Alemã)		Norma ASI	VILLARES	MARATHON (Acesita)	AÇOBRAS	SOLDERFORS (Brasimet)	BOEHLER	ROECHLING (Dibraço)	PHOENIX
Aço para trabalhos a frio										
1	2542	45 W Cr V7	S - 1	VW - 3	DURAX - W - 2	BRASHOCK	SOD - 18	MY EXTRA	RTW - 2 H	U - 4
2	2721	50 Ni Cr 13		VCO	CNK - 2	BRASHOCK - 2	SOD - 85	N B S	M M	B S T
3	1640	C 100 W 2	W - 2	VETD	ES - 4	BRAT - D	SOD - 4	PRIMA MITLELHART 100	RG - 10	E T D
4	2516	120 W V 4	O - 7	VW - 1	TP		SOD - 17 - A	T W V	RTW - 1	G W
Aços Indeformáveis										
5	2201	165 Cr V 45	D - 3	VC - 130	BORA SPEZIAL	BRA - CC	SOD - 62	SPEZIAL KN	RCCW	TRIUMPHATOR
6	2436	210 Cr W 46	D - 6	VC - 131	BORA		SOD - 62 - W	SPEZIAL KR	RCC - EXTRA	TRIUMPHATOR W
7	2419	105 W Cr 6	O - 1	VND	VERESTA	BRA - US	SOD - 16	AMUTIT S	DU - 4/RUS - 4	MS - (IDEALIT)
Aços para trabalhos a quente										
8	2581	30 W Cr V 93	H - 20	VW - 9	SPEZIAL - W	BRA - DS	SOD - 22/04	W K Z	DIQ/RCW - 2	S G H V
9	2564	30 W Cr V 41		VW - 4	DURAX SPEZIAL			W N	PULSUS- RWS	N S W
10	2343	40 Cr Mo V 51	H - 12	VPCW	E - 38	BRA - CVM	SOD - 67	US - ULTRA 4	RWS - 2	W C D
11	2713	55 Ni Cr Mo V 6		VMO	AMS			G N M	STANTOR RGS-1	A R G
Aços ligas para válvulas de motores de combustão interna										
12	4718	x 45 Cr Si 9		VV - 45	SILCHROM - 9			701	RVE	
13	4747	80 Cr Ni Si 20		VV - 80				SIC - 20		V - 3795
Aços para cementação, moldes de plástico e autopeças										
14	5752	14 Ni Cr 14	3310	VA - 15	CNW - 4	BRA - CN	SOD - 81	E - SPEZIAL	RAE - 3	LM - 1
15			4317/20	VM - 20	CNW - 3		SOD - 82	E - S PRIMA	RAE - 2	ENC - 1
16			8617/20	VB - 20	NW - 2		SOD-2511/115	S - 133	DCE/RECN - 1	
Aço inoxidável										
17	4034	x 40 Cr 13	420	VC - 150	1540	BRA - X - 13		ANTINIC-KW-40	RNO - H	ARH - Mitlelhar

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.11
MARCAS EQUIVALENTES DE AÇOS ESPECIAIS (Continuação)

Nº de ref.	Norma DIN (Alemã)		Norma AISI	VILLARES	UDDEHOLM	Nº de ref.	ALEGHENY - Ludlum (Brazaço)	W. M. JESSOP (Temo Aço)	UGINE	BALFOUR
Aço para trabalhos a frio										
1	2542	45 W Cr V 7	S - 1	VW - 3	REGINA - 3	1	SEMINOLE	O. K.	K.T.D.	
2	2721	50 Ni Cr 13		VCO	GRANE - 1	2		G - 1	MA/M-10	R-9030
3	1640	C 100 W 2	W - 2	VETD	UHB - 20	3	POMPTON	YELLOW LABEL, BLUE LABEL	SAPHIR	E.T.D.
4	2516	120 W V 4	O - 7	VW - 1	BORE - 2	4				
Aços indeformáveis										
5	2201	165 Cr V 45	D - 3	VC - 130	SVERKER - 1	5	ONTARIO DS-1,HURON DS-2	ALLOY - C	KOR-3	SC - 27
6	2436	210 Cr W 46	D - 6	VC - 131	SVERKER - 3	6		H - 42	KOR	
7	2419	105 W Cr 6	O - 1	VND	ARNE	7	SARATOGA	H - 4 SPEZIAL	SPHINX	NSS - 3
Aços para trabalhos a quente										
8	2581	30 W Cr V 93	H - 20	VW - 9	VALAND - 1	8	ATLAS A	BBHDS	RD - 5	HDS-227
9	2564	30 W Cr V 41		VW - 4	CALIX	9				
10	2343	40 Cr Mo V 51	H - 12	VPCW	ORVAR	10	POTOMAC	G.L - SPEZIAL	M.T.C.	ADIC
11	2713	55 Ni Cr Mo V 5		VMO	INCUS	11				
Aços ligas para válvulas de motores de combustão interna										
12	4718	x 45 Cr Si 9		VV - 45		12				
13	4747	80 Cr Ni Si 20		VV - 80		13				
Aços para cementação, moldes de plástico e autopeças										
14	5752	14 Ni Cr 14	3310	VA - 15	NICRO - 33	14	CARRILOY - 33/12	G - 16/G - 15		AB - 36
15			4317/20	VM - 20	NICRO - 31	15	AISI - 4.320			
16			8617/20	VB - 20		16				
Aço inoxidável										
17	4034	x 40 Cr 13	420	VC - 150	Ss - 6	17	USS - 420	R - 2	S - 12	TIPO - 13

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.11
MARCAS EQUIVALENTES DE AÇOS ESPECIAIS (Continuação)

Nº de ref.	Norma DIN (Alemã)		Norma AISI	VILLARES	ALPINE	POLDI	BOFORS (T. Janer)	CRUCIBLE	ATLAS	FIRTH BROWN (aferbrás)
Aço para trabalhos a frio										
1	2542	45 W Cr V 7	S - 1	VW - 3	AHKW	Tenax N	RTO-912		Falcon	FS - 43
2	2721	50 Ni Cr 13		VCO	LHBT		HRO-1343		RAB 1	
3	1640	C 100 W 2	W - 2	VETD	Extra Zach hart	E-Z-H/Fs Spezial	B - 20 V	Crescent Spezial Sanderson	X - 10 Refined 10	Best Cast Steel
4	2516	120 W V 4	O - 7	V W - 1	Statos Superior	Solar	TP - 24		Badger	
Aços Indeformáveis										
5	2201	165 Cr W 45	D - 3	VC - 130	Statos Spezial	2002	ROP - 57	HYCC	N N	DIEHAR-D
6	2436	210 Cr W 46	D - 6	VC - 131	Statos Spezial W	2002 Spezial	RT - 60			
7	2419	105 W Cr 6	O - 1	VND	Statos Extra	Stabil Spezial	RT - 1733	KETOS	Kee-Watin	Nonvar/MCT
Aços para trabalhos a quente										
8	2581	30 W Cr V 95	H - 20	VW - 9	WNW/WNW - 4	HPS - 212	RT - 45	Peerless - A	Seneca	RBDE
9	2564	30 W Cr V 41		VW - 4	WAN	P - 425			Red Indian	
10	2343	40 Cr Mo V 51	H - 12	VPCW		212 L	RT - 27	Halcomb - 218	Crodi	
11	2713	55 Ni Cr Mo V 6		VMO	WMC - Spezial		DRO - 1133			
Aços-ligas para válvulas de motores de combustão interna										
12	4718	x 45 Cr Si 9		VV - 45						
13	4747	80 Cr Ni Si 20		VV - 80						
Aços para cementação, moldes de plástico e autopeças										
14	5752	14 Ni Cr 14	3310	VA - 15	EIR - 35		HR - 33	SAE - 3312	Suprimpacto	F - 104
15			4317/20	VM - 20	EIR - 85		DR - 44	SAE - 4320		
16			8617/20	VB - 20				Hobbaloy		FIRTHOB
Aço inoxidável										
17	4034	x 40 Cr 13	420	VC - 150		AK - Spezial	2 - R - 107	Rezintal 430/431		FH

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.11
MARCAS EQUIVALENTES DE AÇOS ESPECIAIS (Continuação)

Nº de Ref.	Norma DIN (Alemã)		NORMA AISI	VILLARES	CARPENTER	AÇOTEX	AÇOS SOLAR	DARWING	H. BOBRIK
Aço para trabalhos a frio									
1	2542	45 W Cr V 7	S - 1	VW - 3	EXCELO				CASTOR TENAX
2	2721	50 Ni Cr 13		VCO					
3	1640	C 100 W 2	W - 2	VETD	11 - Special/SO	ATC-11	ETD-EXTRA ATTER CLIFFE	CARBON-TOOL-STEEL-3	STD
4	2516	120 W V 4	O - 7	V W - 1					
Aços Indeformáveis									
5	2301	165 Cr W 45	D - 3	VC - 130	HAMPDEN/610	ATCC	HCC - 476	NEOR	HCC
6	2436	210 Cr W 46	D - 6	VC - 131					
7	2419	105 W Cr 6	O - 1	VND	STENTOR	ATUS	LC - 2	OHT - IDEOR	
Aços para trabalhos a quente									
8	2581	30 W Cr V 95	H - 20	VW - 9	TK	ATW	W O - SABEX	HW - 1/HW - 2	CASTOR - W
9	2564	30 W Cr V 41		VW - 4					
10	2343	40 Cr Mo V 51	H - 12	VPCW	883		SAB1 - SANBOLD	HW - 5	CASTOR - P - 12
11	2713	55 Ni Cr Mo V 6		VMO					
Aços-ligas para válvulas de motores de combustão interna									
12	4718	x 45 Cr Si 9		VV - 45					
13	4747	80 Cr Ni Si 20		VV - 80					
Aços para cementação, moldes de plástico e autopeças									
14	5752	14 Ni Cr 14	3310	VA - 15	158				
15			4317/20	VM - 20					
16			8617/20	VB - 20					
Aço inoxidável									
17	4034	x 40 Cr 13	420	VC - 150	CARP - 420			D - S - 62	INOX - T

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.12

Qualidade e aplicações dos aços especiais

Nº de referência	(Consultar os nºs de referência das tabs. 2.11 à 2.13 também)
1	Ferramenta de alta dureza, resistência aos choques, ao desgaste, talhadeira, ferramentas, máquinas pneumáticas. Com revenido a 350°-650° C e dureza 52-40 Rc, facas, buchas de prensa de extrusão, e trabalhos a quente.
2	Matrizes de cunhagem de grande solicitação, especialmente talheres. Facas de corte pesado a frio. Com revenido a 300-450° C e dureza 52-48Rc pode ser empregado em trabalhos a quente em estampos de impressões rasas, forjamento em martelo de queda.
3	Ferramentas de aço-carbono, extra, tenaz-duro. Emprego em dureza superficial e núcleo tenaz. Matrizes cortantes e de estampagem, cunhos para moedas, machos, dobradeiras.
4	Aço-prata. Excelente propriedade de corte e usinagem especialmente em ferramentas dotadas de rosca. Pinos-guias, machos, punções, chaves de fenda.
5	Boa capacidade de corte. Usinagem difícil a não ser recozido. Alta resistência ao desgaste. Matrizes cortantes e punções, calibres, cossinetes para secções hexagonais.
6	Matrizes de máxima retenção de corte. Revestimento de moldes cerâmicos. Corte de chapas siliciosas.
7	Baixa temperatura de têmpera, alta dureza em óleo, facilidade de usinagem, boa capacidade de corte. Matrizes cortantes e de estampagem, cunhagem, cossinetes, machos, calibres, fusos cames, injetores diesel.
8	Para trabalhos contínuos em alta temperatura, não sujeita a grandes choques térmicos. Ideal para matrizes de extrusão a quente e de fundição sob pressão e de fabricação de parafusos.
9	Ferramentas de alto rendimento. Boa resistência ao calor e ao desgaste. Tenacidade.
10	Ótima tenacidade. Insensibilidade ao resfriamento por água em serviço. Mínima deformação. Matrizes para fundição sob pressão, ligas de alumínio, zamak. Matrizes de forjamento com impressões em canto vivo.
11	Padrão para estampos de forjamento em martelo de queda.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 2.12 (continuação)

12	Indicado para válvulas de admissão de motores de combustão interna, ou de escape de baixa a média solicitação. Resistente à oxidação. Não apropriado a combustível com chumbo tetraetila.
13	Indicado para válvulas de escape de elevada solicitação em motores diesel e a gasolina principalmente de elevada octana, contendo chumbo tetraetila.
14	Similar ao SAE 9315. Grande resistência ao desgaste na camada cementada e núcleo de máxima tenacidade. Indicado para coroas, pinhões e engrenagens de aviões, tratores, automóveis, que exigem uma resistência no núcleo da ordem de 105 a 150 kg/mm^2, conforme a espessura. Empregado em moldes de plástico e de borracha que necessitem de fino polimento.
15	Similar ao SAE 4320. Com características idênticas ao anterior é indicado para peças que necessitem uma resistência no núcleo da ordem de 90 a 140 kg/mm^2, relativo à espessura. Empregado em coroas, pinhões, engrenagens, terminais de direção, cruzeta, moldes para plásticos e borracha.
16	Similar ao SAE 8620. Semelhante ao anterior, é indicado para peças cujo núcleo esteja sujeito ao esforço da ordem de 80 a 105 kg/mm^2, conforme espessura. É indicado para engrenagens de câmbio e de diferencial, terminais, setores, sem-fins de direção, eixos de comando de válvulas, cruzetas, pinos de pistão, castanhas para placas de torno.
17	Qualidade-padrão para peças temperadas de aço inoxidável. Usado em lâminas de facas, formas para prensagem de plásticos à base de uréia, como exemplo palopás que tenham ação corrosiva.

Contração linear

Contração linear é a diminuição de medida que um metal sofre a partir do momento de sua temperatura de fusão até o instante que se solidifica por esfriamento, passando para a temperatura ambiente:

Aço fundido — 0,02 ou 2%; Alumínio — 0,012 ou 1,2%; Bronze — 0,0158 ou 1,58%; Chumbo — 0,0109 ou 1,09%; Cobre — 0,01 ou 1%; Estanho — 0,0078 ou 0,78%; Ferro fundido — 0,0104 ou 1%; Latão — 0,0153 ou 1,53%; Zinco — 0,016 ou 1,6%.

Material chroniony prawem autorskim

Exemplo: a contração de uma peça de ferro fundido de 100 mm de diâmetro é de: 0,0104 × 100 = 1,04 mm ou cerca de 1%.

Tabela 2.13
Orientação para o tratamento térmico

Nº de referência	(Consultar os números de referência das tabs. 2.11 e 2.12 também)
1	FORJAR — 100-800°C, evitando passar de 1000°. Resfriar em cinzas de carvão bem secas e lentamente, para não trincar. RECOZIMENTO — 730-750°C. Dureza Brinell 218-250. Aquecimento lento. TÊMPERA — 900-950°C em óleo. 860-900 em água. Dureza 55-59 Rc — 65-68RC. REVENIDO — 100-350° C com 58-52Rc. 350-650° C com 52-40Rc.
2	FORJAR — 1.050-900°C com resfriamento lento em forno, cinza, ou pó de carvão quente. RECOZIMENTO — 660-680°C com dureza de 225-255B. TÊMPERA — 810-850°C com dureza de 55-61Rc em óleo. REVENIDO — Com 150-300° C dureza de 58-52Rc. Com 300-450° C, dureza de 52-48Rc.
3	FORJAR — 1.000-800°C. Mesmo resfriamento. RECOZIMENTO — 670-710°C com dureza Brinell 167-195. TÊMPERA — 780-800°C com 63-66Rc em água. REVENIR — 100-320° C com dureza final de 65-54Rc.
4	FORJAR — 1.000-850°C. Resfriamento lento em forno, cinza, ou pó de carvão quente. RECOZIMENTO — 730-750°C com dureza Brinell 210-240, com resfriamento lento em forno, ou cinza ou pó de carvão quente. TÊMPERA — 770-810 em água e 810-840°C em óleo. Dureza 64-66Rc. REVENIR — 150-300° C com 63-58Rc.
5	FORJAR — 1.050-900°C. Mesma recomendação anterior. RECOZIMENTO — 800-840°C com dureza Brinell 215-260. TÊMPERA — 970-1.020°C em sal, óleo ou ar, com dureza 62-65Rc. REVENIDO — 100-520°C com 64-56Rc.
6	FORJAR — 1.050-900°C. RECOZIMENTO — 800-840°C com dureza Brinell 218-270. TÊMPERA — 920-980°C em sal, óleo ou ar com 62-65Rc. REVENIDO — 100-520°C com 64-57Rc.
7	FORJAR — 1.050-850°C. Resfriar lento em forno ou pó de carvão quente, areia, cinza. RECOZIMENTO — 730-750°C. 6 a 8 horas em cavacos de ferro fundido ou banho de sal. Esfriar lento até 600°C a 10°C p/h. Dureza Brinell 210-240. TÊMPERA — 780-820°C em óleo, 63-66Rc. REVENIDO — 150-300°C com 63-58Rc. 1 a 2h.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.13 (Continuação)

8	FORJAR — 1.100-900°C. Aquecer lento. Esfriar em pó de carvão bem seco. RECOZIMENTO — 730-750°C dureza Brinell 218-251. 4 a 6 h. Esfriar lento 20° p/h até 600°, depois ao ar livre. TÊMPERA — 1.070-1.150°C em banho de sal, ar ou óleo. Dureza 44-54Rc. REVENIDO — 540-680°C, 50-40Rc, logo após a têmpera, em aquecimento lento, permanência mínima de uma hora.
9	FORJAR — 1.100-900°C. RECOZIMENTO — 730-750°C, dureza Brinell 210-240. TÊMPERA — 1.000-1.040°C em óleo com 47-51Rc. REVENIDO — 600-680°C com 46-38 Rc.
10	FORJAR — 1.100-900°C. Aquecer lento, esfriando em pó de carvão seco, cal, etc. RECOZIMENTO — 800-840°C com dureza Brinell de 210-240. Permanência 4 a 6 h. Resfriamento lento a 20° p/h. TÊMPERA — 990-1.040°C em sal, óleo ou ar com 51-55Rc. REVENIDO — 560-650°C com 50-40Rc.
11	FORJAR — 1.100-850°C. RECOZIMENTO — 660-680°C com dureza Brinell 210-250. TÊMPERA — 830-850°C em óleo com 52-58Rc. REVENIDO — 450-650°C com dureza de utilização de 49-32Rc.
12	FORJAR — 1.100-900°C. RECOZIMENTO — 820-840°C, durante 5 horas. Baixar de 15 a 20°C por hora até 710°C e depois esfriar ao ar. TÊMPERA — 1.030-1.050°C em óleo. REVENIDO — 740-760°C esfriar no óleo ou na água. A ponta da haste deve ser reaquecida até 1.030 a 1.050°C temperado em óleo. Segue-se um alívio de tensões a 150-200°C.
13	A mesma orientação dada aos aços da coluna 12 (anterior) sendo a TÊMPERA a 1.040-1.060°C e devendo haver um revenido duplo, sendo: 850-870°C esfriar no ar e 700-720°C esfriar no ar.
14	FORJAR — 1.050-850°C. RECOZIMENTO 660-680°C NORMALIZAÇÃO — 850-870°C CEMENTAÇÃO — 1º pré-aquecer até 500°C 2º cementar em banho de sal a 900-930°C TÊMPERA — 3º esfriar diretamente em óleo DUPLA — 4º pré-aquecer até 500°C 5º elevar até 780-790°C 6º esfriar em óleo REVENIDO — 7º revenir a 180-280°C 8º esfriar em óleo ou ao ar

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.13 (Continuação)

	Outro processo CEMENTAÇÃO — 1º cementar em caixa a 900-930°C 2º esfriar na caixa TÊMPERA — 3º pré-aquecer até 500°C 4º elevar até 780-800°C em forno mufla 5º esfriar em óleo REVENIDO — 6º revenir a 180-280°C 7º esfriar em óleo ou ao ar
15	FORJAR — 1.050-850°C. RECOZIMENTO 660-680°C NORMALIZAÇÃO — 830-850°C CEMENTAÇÃO — 1º pré-aquecer até 500°C 2º cementar em banho de sal a 900-930°C TÊMPERA — 3º esfriar diretamente em óleo REVENIDO — 4º revenir a 160-260°C 5º esfriar em óleo ou ao ar
16	FORJAR — 1.050-850°C. RECOZIMENTO 800-840°C. NORMALIZAÇÃO — 830-850°C. CEMENTAÇÃO — 1º pré-aquecer até 500°C 2º cementar em banho de sal a 900-930°C TÊMPERA — 3º esfriar diretamente em óleo REVENIDO — 4º revenir a 150-250°C 5º esfriar em óleo ou ao ar
	Outro processo: CEMENTAÇÃO — 1º cementar em caixa a 900-930°C 2º esfriar na caixa TÊMPERA — 3º pré-aquecer até 500°C 4º elevar até 820- 840°C em forno mufla 5º esfriar em óleo REVENIDO — 6º revenir a 150-250°C 7º esfriar em óleo ou ao ar.
17	FORJAR — 1.100-900°C RECOZIMENTO — Para maior facilidade de usinagem e maior dureza: 750°C resfriando ao ar. Quando se deseja menor dureza e facilidade de corte por cisalhamento: 850°C com resfriamento lento no forno. TÊMPERA — aquecer previamente a 700°C (lento) elevar a 1.050°C resfriando em óleo. REVENIDO — a 150°C obtém-se dureza aproximada 55 Rockwell C. A 550°C a dureza Rockwell C desce para 40. A 650°C a dureza Rockwell será da ordem de 30 Rc C.

Material chroniony prawem autorskim

Como usar as tabelas de equivalentes de aços em combinação com a orientação para o tratamento térmico

(Tab. nºs 2.11, 2.12 e 2.13)

Seja: Precisa-se saber algumas marcas equivalentes do *aço prata* SOD-17-A da "Soederfors" e o tratamento da têmpera e do revenido recomendado, para esse tipo de aço. Na 1ª linha horizontal procuramos o nome da usina fabricante do aço: No caso em explicação a "Soederfors". Encontramos na 6ª coluna vertical. Descendo por esta coluna vertical, achamos a marca que procurávamos: SOD-17-A na fileira horizontal, que tem o nº 4 inicial como referência. É nesta fileira que tem o nº 4 que vamos encontrar uma série de aços equivalentes ou similares entre si. Assim, o da "Villares" é o VW-1, o da Marathon é o TP e assim sucessivamente. (Tab. 2.12).

O ponto de referência para determinar o tratamento térmico na tabela é o número da fileira horizontal dos aços equivalentes entre si. No caso que estamos exemplificando é a de nº 4.

Procuramos então nas folhas seguintes na parte da "Orientação para o tratamento térmico" a fileira horizontal que também tenha o nº 4. Aí encontramos: (Tabela 2.13).

Têmpera 770-810°C em água e 810-840°C em óleo, dureza 64-66Rc.

Revenido 150-300°C com 63-58Rc.

Explicação — Se fizermos a têmpera na temperatura de 770°C em água, a dureza em que o aço ficar será de 64Rc. Se a temperatura for de 810°C a dureza será maior, isto é, de 66Rc. Isto significa que usando uma temperatura mais baixa, a dureza será **menor**, mas o aço terá **maior** tenacidade (resistência aos choques). No 2º caso, usando a temperatura maior (810), o aço terá dureza **major** (66Rc) mas terá **menor** tenacidade. Assim, em todos os casos possíveis, a orientação que damos inclui as temperaturas extremas, acompanhadas das durezas máximas e mínimas.

No **revenido** também fizemos o mesmo. No exemplo que estamos citando, para uma temperatura mínima de 160°C o aço irá ficar com uma dureza de utilização da ordem de 64 Rockwell. Com a temperatura de 300°C a dureza será da ordem de 58Rc. É importante notar que usando **temperatura de revenido menor, a dureza será maior.** Com a temperatura de **revenido maior,** a dureza será **menor,** mas em compensação **melhora a tenacidade.**

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.14

Ferramentaria
Aços Resistentes a Trabalho a Quente

Emprego e qualidades Norma alemã 2581 americana H-20 (Villares V W 9)	**Normas e marcas**	**Tipos equivalentes de aço para matrizes a quente (aproximado)**	
Para matrizes e moldes para metais em fusão ou semiderretidos. Para matrizes de prensar e de repuxar a quente em prensas e "upset", punções a quente, matrizes para cabeças de parafusos, em prensas de extrusão etc. **Aço resistente a altas temperaturas.**	DIN (Norma alemã)	2581 (30 W Cr V 93)	2343 (40 Cr Mo V 51)
	AISI (Norma Americana)	H-20	H-12
	Villares	V W 9	V P C W
	Böhler	W K Z	US ultra 4
	Marathon (Acesita)	Special W	E 38
Norma alemã 2343 americana H-12 (Villares VPCW) Para matrizes de fundição a pressão de metais leves, "zamak". Para matrizes de forjamento. **Aço resistente para o trabalho a quente e ao desgaste. Resiste a mudanças bruscas de temperaturas e choques térmicos.**	Soederfors (Brasimet)	Sod 22/24	Sod 67
	Uddeholm	Valand 1	Orvar
	Röchling (Dibraço)	DIQ/RCW-2	RWS - 2
	Bofors (T. Janer)	RT - 45	RT - 27
	Açobrás	BRA - DS	BRA - CVM
	WM Uessop (Termaço)	BBHDS	G-1 Special
Observações: Veja na página seguinte as recomendações sobre os tratamentos térmicos.	Alegheny-Ludlun (Brazaço)	L X X	Atlas - A
	Alpine	W M W	V S M A
	Phönix	S-G	V C D

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 2.15
Comparações de dureza
Rockwell, Vickers, Shore e Brinell

Limite de resistência à tração (aproxim.) kg/mm² $R = \frac{F\ (kg)}{S\ (mm^2)}$	ROCKWELL			Esfera de aço		SHORE	VICKERS	BRINELL			VICKERS	
	Cone de diamante 120° HRc			1/16"	1/8"			$Hd = \frac{R}{0,36}$	Esfera		HV 30°	136°
	150 kg	100 kg	60 kg	100 kg	100 kg				10 mm	5 mm	HV = P/S	l = 0,01 mm
	HRc	HRd	HRa	HRb	HRe	HS	Hv	Hd	P = 3000 kg	P = 750 kg	P = 30 kg	P = 30 kg
270	72	78	84			106	1224	780				
	70	77	83			102	1116	745				
R = Hd x 0,36 aproxim.	68	75	82			98	1022	712				
	66	74	81			94	941	682				
	64	72	80			91	868	653				
215	62	71	79			87	804	627				
	60	70	78			84	746	601				
	58	68	78			81	694	578				
180	56	67	77			78	650	555				
	54	65	76			76	606	534				
	52	64	75			73	587	514				
166	50	63	74			71	551	495				
158	49	62	74			68	534	477				
154	48	61	73			66	502	461				
148,5	46	60	73			64	474	444				
146,5	45	59	72			62	460	429				
142	43	58	72			61	435	415				
137,5	42	57	71			59	423	401	31	15,5	393	37,6
135,5	41	56	71			57	401	388				
130,5	40	56	70			56	390	375	32	16	364	39,1
126,5	39	55	70			54	380	363				
122	38	54	69			53	361	352	33	16,5	340	40,4
119	36	53	68			51	344	341				
115,5	35	52	67			50	334	351	34	17	321	41,6
112	33	50	67			49	320	321				
109	32	50	66			47	311	311	35	17,5	302	43
106	31	49	66			46	303	302				
103	30	48	65			45	292	293	36	18	285	44,2
100,5	29	47	65			44	285	285				
98	28	47	64			43	278	277	37	18,5	269	45,5
95,5	27	46	64			42	270	269				
93	26	45	63			41	261	262	38	19	255	46,7
90,5	25	45	63			40	255	255				
80,5												

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.15 (Continuação)

86	24	44	62	102	110	39	249	248	39	19,5	241	48
83,5	23	43	62	101	110	38	240	241				
81,5	21	42	61	101	109	37	235	235				
80	20	41	61	100	109	36	228	229	40	20	229	49,7
79	19	40	60	99	108	35	222	223				
76	17	39	60	98	110	34	217	217	41	20,5	217	50,6
74,5	15	38	59	97	110	34	213	212				
72,5	14	37	59	95	110	33	208	207				
71,5	13	37	58	94	109	32	201	201				
69,5	12	36	58	93	109	31	197	197				
68	11	35	57	92	108	30	192	192				
66,5	9	34	57	91	108	30	186	187	44	22	187	54,5
65	8	34	56	90	108	29	183	183				
64	7	33	56	90	107	29	178	179				
62	6	33	55	89	107	28	174	174				
60,5	4	32	55	88	106	28	171	170				
59,5	3	32	54	87	106	27	166	167				
58	2	31	53	86	105	27	162	163				
56,5	1	31	53	85	105	26	159	159				
55	0	30	52	84	104	26	155	156				
54,5				83	104	25	152	152				
53,5				82	103	24	149	149				
52,5				81	103	24	146	146				
51,5				80	102	24	143	143				
51				79	102	23	140	140				
49,5				78	101	23	138	137				
49				77	101	23	134	134				
48				76	100	22	131	131				
47				75	100	22	129	128				
46,5				74	99	22	127	126				
45,5				73	98	21	123	123				
45				72	98	21	121	121				
44				71	98	21	118	118				
43,6				70	97	20	116	116				
43				68	97	20	115	114				
42,5				67	96	20	113	111				
42				66	95	20	110	110				
41				65	95	19	109	109				
40				64	94	19	108	107				
38				62		17	100	100				

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.16

MATERIAL A PROVAR	Dureza Brinell (aproxim.)	Prova	Penetrador	Carga Kg
Aço cementado ou nitrado	160 – 780	Rockwell A	Cone de diamante	60
Aço, ferro fundido, bronze, etc.	100 – 230	Rockwell B	Esfera 1/16"	100
Aço temperado	190 – 780	Rockwell C	Cone de diamante	150
Aço temperado	156 – 780	Rockwell D	Cone de diamante	100
Metal leve	110 – 205	Rockwell E	Esfera 1/8"	110 – 205
Aço, ferro fundido, bronze e latão	até 250	Brinell	Esfera 2,5 mm	187,5 – 62,5
Chumbo e ligas	10 – 30	Brinell	Esfera 2,5 mm	15,6
Metais de mancais	30 – 70	Brinell	Esfera 2,5 mm	31,25
Latão, alumínio, cobre	70 – 130	Brinell	Esfera 2,5 mm	62,5
Aço mole	130 – 400	Brinell	Esfera 2,5 mm	187,5
Metal leve, cobre, latão, estanho e zinco	70 – 130	Brinell	Esfera 5 mm	18,5 – 62,5
Chumbo e ligas	10 – 30	Brinell	Esfera 5 mm	62,5
Metais de mancais	30 – 70	Brinell	Esfera 5 mm	125
Latão, alumínio e cobre	70 – 130	Brinell	Esfera 5 mm	250
Peças temperadas ou não, cementadas e metais de pouca espessura	–	Vickers	Pirâmide 136°	10 – 30 100

Material chroniony prawem autorskim

Orientação referente à Tabela 2.14

Tratamento térmico para os aços para o trabalho a quente da norma alemã 2581 (30 W Cr V 93) e 2343 (40 Cr Mo V 51) e americana H-20 e H-12. (Villares: V W 9 e V P C W).

Forjamento

1º Aqueça lentamente até 800°C.

2º Eleve a temperatura de forjamento a 1.100°C mas interrompa se a temperatura cair abaixo de 900°C.

3º Após o forjamento esfrie lentamente em areia ou carvão em pó bem seco.

Recozimento

1º Coloque as peças em caixas protegidas por cavacos de fundição.

2º Aqueça lentamente até 600°C.

3º Eleve rapidamente a 750-830°C.

4º Mantenha nesta temperatura cerca de 6 horas.

5º Esfrie lentamente, dentro do forno até 200°C e depois ao ar, livre de correntes de vento.

Têmpera

1º Aqueça até 850°C.

2º Passe para um banho de sal a 1.050°C até perfeita uniformidade do calor na peça.

3º Esfrie usando qualquer um dos processos abaixo:

a) — Banho de sal mantido a 500-530°C, acertar as temperaturas e retirar ao ar livre.

b) — Banho de óleo até 200°C.

c) — Sopro de ar seco.

Observação:

Para maior tenacidade, preferir temperatura de 1.150°C.

Para maior dureza, preferir temperatura de 1.050°C.

Revenimento

Fazer um duplo revenido, o primeiro a 540°C e o segundo a 540-680°C.

Tempo mínimo de temperatura: 2 horas.

Material chroniony prawem autorskim

O que você precisa saber sobre o ferro fundido nodular

É um ferro fundido especial, que tem uma estrutura de nódulos de grafita. Quanto mais estas se aproximam da forma esférica, o produto apresenta melhores propriedades mecânicas. Essas são semelhantes aos do aço médio carbono, e se situam entre o campo do ferro maleável e os dos aços, mas apresenta sobre os aços as seguintes vantagens: melhor resistência à corrosão e ao desgaste, ponto de fusão mais baixo, maior fluidez, sendo mais fácil de ser fundido. Sobre o maleável, apresenta as seguintes vantagens: não exige tratamento térmico em vários casos, e quando necessita, o tempo é pequeno (1 a 2 h), enquanto o maleável chega a 20 h. Não há limitação de espessura, podendo ir de 3 mm a 1.200 mm com bons resultados, embora exija rigoroso controle na composição química.

Com o tratamento térmico, o nodular tem suas propriedades mecânicas aumentadas.

O tratamento térmico especial do ferro nodular

Recozimento	1º) Aquecer a 900°C, mantendo nesta temperatura. 2º) Resfriar para 788°C durante 1 hora. 3º) Resfriar de 788°C para 650°C a 1,7°C por hora.
Normalização	1º) Aquecer a 900°C e manter nessa temperatura. 2º) Esfriar no forno para 788°C e, em seguida, bruscamente, no ar.
Têmpera	1º) Aquecer a 870°C, ou até 900°C. 2º) Esfriar bruscamente em óleo. A seguir, revenir.
Revenido (Alívio de tensão)	Usar temperaturas entre 621°C e 540°C durante 1 hora mais ou menos.

Tratamento térmico do duralumínio

Pode-se aumentar ou diminuir a dureza e a resistência à tração do Duralumínio com o recozimento ou têmperas especiais e o "envelhecimento", conforme mostra a tabela 2.18, na qual um fio de duralumínio rompe-se com a carga mostrada na última coluna.

O Duralumínio pode ter suas propriedades mecânicas melhoradas, quando aquecido a 175°C, durante um certo tempo.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 2.17
Aplicações, especificações e propriedades do ferro nodular

Tipos e Aplicações	Classe	Resistência à tração (kg/cm^2)	Limite Elástico ($kg\ cm^2$)	Elongação em 50 mm	Tratamento térmico
A S T M – A 536-65 T Virabrequins, engrenagens com alta resistência, pinhões, cilindros, patins, deslizadores, válvulas, corpos de bombas. Peças sujeitas a choque e fadiga por cargas intermitentes.	60-40-15	4.380	2.930	18	Recozimento
	65-45-12	4.750	3.290	12	–
	80-65-06	5.840	4.050	6	–
	100-70-03	7.300	5.120	3	Normal
	120-90-02	8.750	6.590	2	Têmpera e Revenido
S A E – J 4 3 4 a Equipamentos agrícolas Dispositivos em geral para máquinas	D-4018	4.380	2.930	18	Recozimento
	D-4512	4.750	3.290	12	–
	D-5506	5.840	4.050	6	–
	D-7003	7.300	5.120	3	Normal
A S T M – A 476 – 62 T Cilindros de secagem de laminadores de papel.	80-60-03	5.840	4.380	3	Alívio de tensões
A S T M – A 439 – 62 Matriz austenítica, resistência ao calor, corrosão e desgaste.	D-2	4.240	2.190	8	–
	D-2 C	4.240	2.050	20	–
	D-3 A	4.050	2.190	10	–
	D-4	4.380	–	–	–
	D-5	4.050	2.190	20	–
M I L – I – 24137 Equip. elétricos para navios, blocos de máquinas, bombas, compressores, equip. hidráulicos.	A	4.380	3.290	15	Recozimento
	B	4.050	2.190	7	Alívio de
	C	4.660	1.830	20	tensões
M I L – I – 1146 Equipamento militar (artilharia)	1	8.750	6.590	2	Têmpera e
	2	7.300	5.490	4	revenido
	3	6.210	4.390	6	
	4	5.840	4.380	3	–
	5	4.380	3.290	10	recozido
A S T M – A 445 – 63 T Matriz ferrítica para válvulas, flanges, acessórios e componentes de tubulações.	60-45-15	4.380	3.290	15	recozido

A S T M – A 395-61. Válvulas e acessórios para vapores. Equipamentos para Indústrias Químicas.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.18

Medida	Tratamento	Carga para romper
Fio de Duralumínio, de 1 mm de secção	Recozido	5 kg
	Temperado a 500°C	22 kg
	Temperado e "envelhecido" 8 dias	39 kg
	Temperado, envelhecido e tratado a 175° C	45 kg

Orientação para a usinagem do titânio

O Titânio é mais leve (*Pe* 4,52) e mais resistente do que o aço. Mas as ligas de titânio alcançam maior resistência do que o próprio Titânio. Para o ambiente marinho e a água do mar, o Titânio resiste melhor à corrosão do que o próprio metal Monel e Inconel.

Orientação para forja e solda do titânio

ATENÇÃO: A temperatura teórica de forja do Titânio é de 1.000 a 1.050°C. Mas como a esta temperatura o Titânio se oxida facilmente, cobrindo-se de uma camada amarela de óxido, adota-se como temperatura prática de forja 870 a 980°C.

Solda — O Titânio solda bem com ele mesmo, mas oferece dificuldade de soldar-se com outros metais.

Solda por pontos — Solda melhor que os aços inoxidáveis, mas deve-se empregar maior amperagem e maior pressão.

Solda elétrica — Em virtude da facilidade de combinação do ***Ti*** com o ***O*** e o ***N*** do ar, a solda deve ser protegida com bicos ou atmosfera de **hélio** ou **argônio**.

Materiał chroniony prawem autorskim

USINAGEM

Orientação para a usinagem do Titânio
Desbaste — Profundidade de corte 0,8 a 2,4 mm.
Acabamento — Profundidade de corte 1,5 a 3,2 mm.
Velocidade — de corte 400 rpm até 50 mm de D.
Lubrificação — Não se recomenda óleo.
Forja — 870 a 980°C.

ATENÇÃO: Cavaco fino ou pó de titânio acumulado pode inflamar-se.

Retificação — Rebolos de grão fino macio.
Furo — Brocas de carboneto — Velocidade lenta.

ATENÇÃO: Alta velocidade nas brocas pode provocar a solda de cavacos às peças.

Usinagem do magnésio

ATENÇÃO — CUIDADO

Na usinagem e na fundição do magnésio e altas ligas, nunca use água. Há perigo de inflamação violenta.

Quando houver fogo em produtos de magnésio, para apagar use **areia,** nunca use água.

A obtenção de temperaturas corretas para tratamentos térmicos através de banhos de sais

É muito útil para oficinas e mesmo para grandes indústrias utilizar-se de banhos de sais pela facilidade de uso e preço.

Baseia-se no fato de que cada sal tem uma temperatura determinada de fusão (derretimento).

Escolhe-se o sal ou a mistura de sais de acordo com a temperatura desejada, conforme a tabela que damos a seguir:

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.19

Temperatura desejada	Sais ou dosagem	Temperatura desejada	Sais ou dosagem
225°C	Nitrato de sódio 20% Nitrato de potássio 80%	780°C	Cloreto de potássio
280°C	Nitrato de sódio	804°C	Cloreto de sódio
335°C	Nitrato de potássio	827°C	Sulfato de sódio 30% Sulfato de potássio 70%
560°C	Cianeto de sódio	850°C	Carbonato de sódio
610°C	Cianeto de potássio	880°C	Sulfato de sódio
625°C	Cloreto de sódio 30% Cloreto de potássio 70%	955°C	Cloreto de bário
		1.070°C	Sulfato de potássio

ATENÇÃO: Quando se introduz a peça no banho, forma-se uma camada de cristais sobre a peça. Quando esta camada de cristais desaparece, a peça está na temperatura para a qual o banho foi preparado, e justamente na hora de ser retirada para revenir ou temperar.

Tratamentos térmicos modernos

Carbonitração subcrítica em banho de sal

Como fazer: O processo é semelhante ao da cementação, usando o mesmo equipamento ou da têmpera em sal (forno a óleo ou elétrico), estando ao alcance da maior parte das indústrias ou mesmo das oficinas menores. Consiste em aquecer as peças em um banho constituído dos sais "Duferrit NS1 e NS2" que podem ser adquiridos na representante alemã do Brasil, a BRASIMET.

O tempo de permanência das peças no banho varia conforme a profundidade da camada desejada, havendo um máximo de 90 minutos. A temperatura do tratamento é de 690 a 710°C.

A profundidade máxima da camada de nitretos e carbonetos é de 8 mícrons (8 milésimos de mm).

A camada temperada é de até 0,15 mm de profundidade, constituída de martensita de alta dureza com 0,4% de nitrogênio.

Material chroniony prawem autorskim

Aplicações: Peças pequenas de aço para cementação que não podem estar sujeitas à deformação.

Exemplo: componentes de máquinas de escrever, de costura, de carburadores, de relógios, de eletrodomésticos, etc.

Atenção: Não admite tratamento posterior.

Fundamentos e vantagens da sulfatação
(Na França e na Inglaterra, "Sulf-Inuz")

De 100 calorias de um motor de automóvel, cerca de 25 são aproveitadas, perdendo-se cerca de 75.*

Experiências na França, com um processo térmico novo — o "Sulf-Inuz" — conseguiram diminuir o atrito entre cilindro e pistão para 4 vezes menos, obtendo um rendimento de 10 a 12% no motor, afora o tempo de duração aumentado.

Com Diesel houve uma obtenção de 50 a 80 mil km sem a ovalização.

Aplicados nos grandes Diesel marítimos, o número de horas de amaciamento, antes de semanas, passou para apenas 3 horas.

Em outros países, a aplicação em ferramentas aumentou consideravelmente a produção útil.

Uma sulfatação de apenas 30 minutos em punções recortadores de aço rápido pode elevar a sua duração e produção antes de 1.000 para 8.000 punçonadas.

A sulfatação aplicada em brocas de 6 mm para furos em pranchas de aço de 80 kg/mm^2 deu como resultado comparativo:

Novas mas não sulfatadas — 60 a 80 mm.
Novas mas sulfatadas — 180 mm.
Reafiadas e sulfatadas — 180 mm.

No Brasil o processo é pouco conhecido, e por isso vamos dar as suas possibilidades, vantagens e aplicações.

Vantagens:

1) Diminuição em todos os lugares em que há atrito, diminuindo o engripamento e aumentando a vida útil de peças e ferramentas.

2) Grande redução no aquecimento, principalmente em ferramentas.

3) Não altera as dimensões.

Material chroniony prawem autorskim

4) Diminui ou elimina o ruído em engrenagens, correntes ou outros dispositivos metálicos.

5) Tem efeito de resguardo à corrosão, inclusive em lugares de calor, vapor e umidade.

Aplicações:

1) Em peças usinadas e acabadas de aço doce, aço-carbono, aço-liga, aço inoxidável, aço refratário, aço rápido e carbetos de tungstênio.

2) Buchas de laminadores a quente ou comuns, trituradores diversos (papéis, borracha). Moldes diversos para plásticos etc., pistões de injeção de zamak, roscas sem-fim diversas, engrenagens, camisas ou pistões de motor de explosão.

3) Ferramentas: brocas, alargadores, machos, fresas, fieiras etc.

O que é a sulfatação e como se faz

O processo consiste em colocar as peças em um banho de sais, que se fundem por volta de 540°C, usando-se as temperaturas de 560°C a 580°C por um tempo que varia de 20 a 180 minutos, de acordo com o tipo da peça, função ou profundidade desejada.

Um sal fixa o grau de acidez (pH) e mantém o meio redutor. O outro sal comunica o enxofre incompletamente oxidado. O importante é que a temperatura deve se manter constante.

Depois do tratamento, as peças já frias devem ser cuidadosamente limpas por escovas rotativas.

Aplicados a peças e ferramentas, tornam-nas autolubrificantes, ganhando-se em tempo de uso ou no aumento de sua vida útil. Em peças de bronze, dão a estas novos empregos, e nos aços inoxidáveis, a diminuição do engripamento.

O processo, contudo, não admite usinagem ou tratamentos subseqüentes, devendo a sulfatação ser o processo final, e não convém ser aplicado em aços cuja dureza de revenido dependa de temperaturas de revenido acima de 560°C, ou seja, superior à sulfatação.

No Brasil, o processo com o nome de "Termolub" é feito sob licença da Aço Temp.

Material chroniony prawem autorskim

Fundamentos e vantagens do "tenifer" (fig. 2.25)

O processo Tenifer (nos EUA e Inglaterra "Tuff-tride") consiste em uma nitração feita em banho de sais, fundido a 530/570°C em cadinho revestido de titânio.

O banho compõe-se de sais: um de cianato de potássio e o outro de cianeto de potássio, recebendo contínua introdução de ar por tubulação de titânio que chega até o fundo do cadinho. Esta aeração permite que o cianeto de potássio seja oxidado a cianato, mas a composição deve ser controlada por análise química a cada 12 h, corrigindo-se com a adição de sais correspondentes.

É importante também que, antes do banho, as peças sejam pré-aquecidas a 400°C para eliminar o perigo de trincas e diminuir o tempo de tratamento.

Forma-se uma camada de 8 a 16 mícrons, composta de 20% de carbeto de ferro e de 80% de nitreto de ferro.

Como o processo usa baixa temperatura, o carbono é totalmente absorvido pela zona superficial, enquanto o nitrogênio atravessa a zona de ligação para chegar a uma profundidade de 0,6 mm, conforme 3 fatores:

1) Tempo de processo.
2) Temperatura usada.
3) Tipo de material tratado.

Nos aços-carbono a velocidade de difusão do nitrogênio é maior, diminuindo nos aços que têm elemento de liga que absorve o nitrogênio.

Atenção: Os aços alta liga são resfriados em ar. Os aços-carbono e baixa liga, em água. Os ferros fundidos, em óleo.

Aplicações: O Tenifer pode ser empregado em todos os tipos de aços, carbono, baixa liga e alta liga — e também nos ferros fundidos.

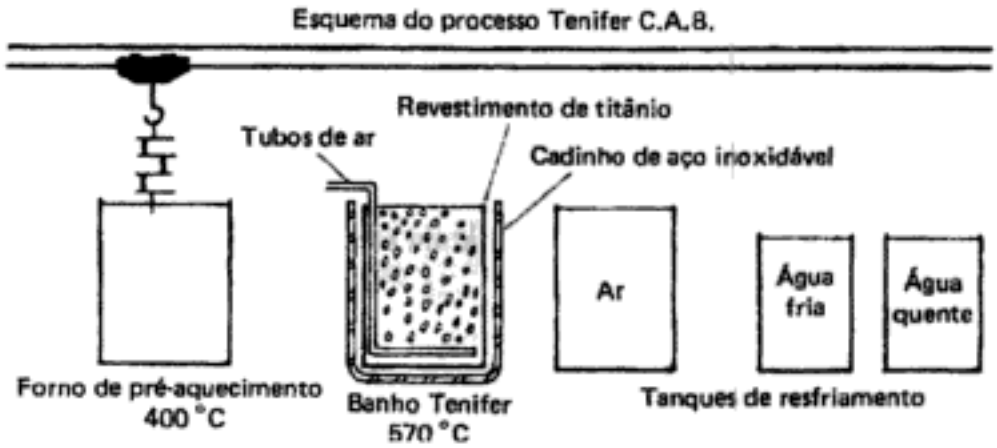


Fig. 2.25

Material chroniony prawem autorskim

Em peças as mais variadas como: virabrequins, engrenagens, braços de direção, eixos, buchas, matrizes para plástico e fundição sob pressão, comando de válvulas, peças de velocímetros, roscas e roscas sem-fim, ferramentas de aço rápido e trabalhos a quente, moldes diversos.

Qualidades das peças tratadas pelo Tenifer:

1) Maior resistência à fadiga por flexão.
2) Maior resistência à fadiga por torção.
3) Maior resistência ao desgaste.
4) Maior resistência ao engripamento mesmo em condições precárias de lubrificação.
5) Certa resistência à corrosão.

Vantagens do Tenifer sobre a nitração em gás amoníaco:

1) Tempo: 10 a 180 minutos (a nitração de 20 a 180 horas).
2) Preço menor da instalação.
3) Possibilidade de emprego dos aços-carbono, mais econômicos que os de liga.
4) Redução dos custos de usinagem com a diminuição de operações de acabamentos.

Observação: O processo Tenifer é de origem alemã, Degussa, sendo representado no Brasil pela Brasimet que, além de fazê-lo, fornece as instalações, os cadinhos, os sais e a assistência às firmas interessadas.

Têmpera a subzero

Maior dureza. Maior resistência ao desgaste. Maior durabilidade. Maior fator de corte.

Na têmpera comum sempre subsiste uma porcentagem de austenita residual. (Nos aços-carbono, de 5 a 10%, e nos de alta liga de 15 a 35%.)

Na têmpera subzero quase a totalidade da estrutura austenítica modifica-se para martensítica.

Como o aumento da estrutura martensítica está relacionado com o ganho de dureza, e esta com a resistência ao desgaste, durabilidade e fator de corte, percebe-se a vantagem da têmpera subzero.

Material chroniony prawem autorskim

Com a facilidade da obtenção de temperaturas abaixo de zero nos últimos anos e o interesse de melhoria das ferramentas, o subzero vem ganhando campo de aplicação.

No Brasil, o Eng. Nério G. A. Lorenzoni pesquisou intensivamente o tratamento subzero, conseguindo melhorias e resultados inéditos, atraindo o interesse dos meios especializados internacionais.

Entre estes está a obtenção de 99,8% de martensita.

Muitas das explicações que estamos dando sobre o assunto, algumas das quais inéditas, se devem às pesquisas do Eng. Lorenzoni e ao seu consentimento de divulgação neste livro.

O subzero pode ser feito em uma mistura de gelo seco (CO_2) com 50% em peso de álcool a 96°, em um recipiente apropriado, conseguindo-se temperatura de – 75°C (75° abaixo de zero), ou em dispositivos especiais de nitrogênio líquido, onde se obtém – 195,5°C (195,5° abaixo de zero).

Ambos recipientes ou materiais são fornecidos por empresas especializadas.

Além do subzero, estes dispositivos podem ser usados em montagens de peças de ajustes forçados (contração) ao invés do calor (dilatação).

Na montagem de anéis externos de rolamentos as peças devem ser limpas com aguarrás e mergulhadas várias vezes em óleo especial hidro-repelente (se for gelo seco). Após o resfriamento, mergulhar novamente no óleo, agitando e retirando 30 segundos depois.

Este meio não deve ser usado nos casos de peças não estabilizadas.

Orientação para a têmpera subzero
Peças cementadas, engrenagens, anéis de rolamento, cilindros de laminação

Gráfico nº 1
Têmpera a subzero

1) Aqueça a peça entre 800 e 900°C.

2) Deixe esfriar em água ou óleo conforme a indicação normal de seu tratamento.

3) Quando chegar a 100°C, faça IMEDIATAMENTE o subzero, mergulhando na solução ou no dispositivo de – 100°C (100°C abaixo de zero).

4) Observe as borbulhas. Quando não houver mais borbulhas, retire a peça, para fazer o revenido.

Materiał chroniony prawem autorskim

Revenido normal

1) Aqueça a peça entre 100 e 400°C, conforme a dureza desejada.

2) Faça o revenido, em água ou óleo, conforme as recomendações de seu tratamento.

Atenção: Operando com nitrogênio líquido, o operador deve estar com luvas.

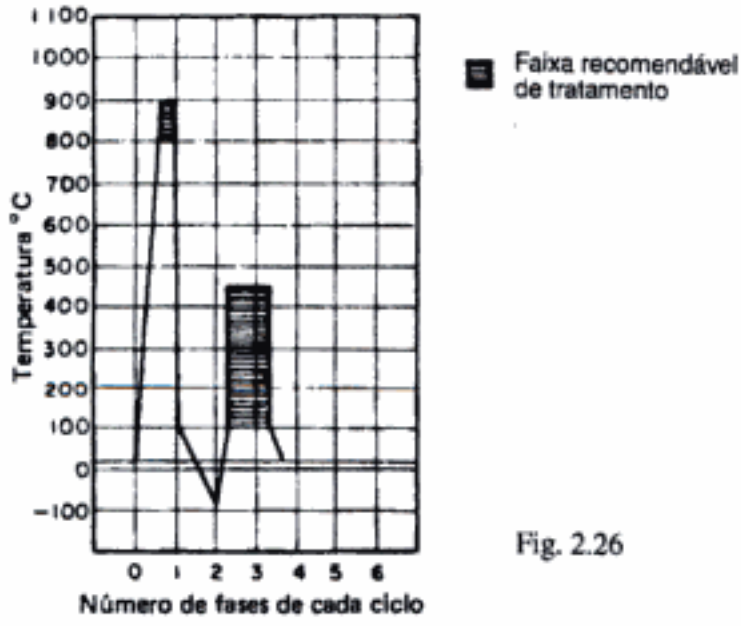
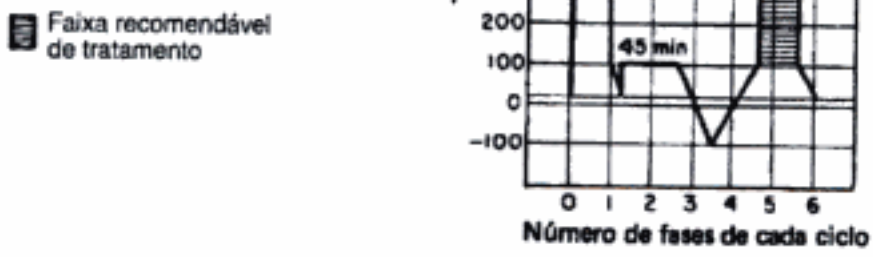
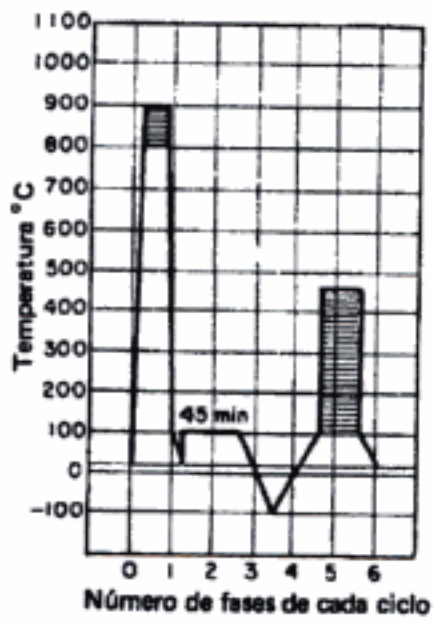


Fig. 2.26

Atenção: Não use o subzero em ligas não-ferrosas, especialmente o alumínio. Há participação de silício no alumínio.

Fig. 2.27





Material chroniony prawem autorskim

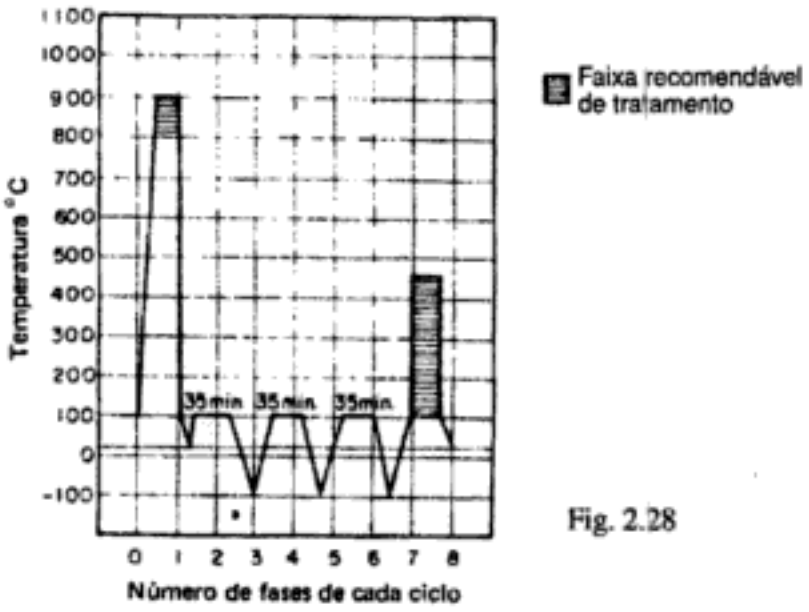


Fig. 2.28

Aços-ferramentas, aços rápidos (AISI T 8 ou 5 e 10% Co), aços super-rápidos (AISI T 1 ou 18 W, 4 Cr, 1 VA), peças de formato especial

TÊMPERA NORMAL	TÊMPERA A SUBZERO	REVENIDO NORMAL
1) Aqueça LENTAMENTE e por igual até cerca de 550°C.	5) Aqueça novamente até 100°C, deixando nesta temperatura durante 45 minutos.	1) Logo após a têmpera subzero, aqueça LENTAMENTE entre 100 e 400°C. Escolha a temperatura conforme a dureza desejada da peça. Este aquecimento pode ser primeiro em forno de mufla ou circulação de ar, e depois em banho de sal para ter uma temperatura correta.
2) Eleve até 800 a 900°C, permanecendo aí até o encharcamento da peça.	6) Faça agora o subzero, mergulhando a peça na solução do dispositivo para – 100°C (100°C abaixo de zero).	2) Deixe a peça neste banho um mínimo de 2 horas, para que a distribuição do calor se faça por igual.
3) Esfrie: a) em banho de sal entre 540/560°C; ou b) em óleo até 150°C ou sopro de ar até 150°C.	7) Observe as borbulhas: quando elas terminarem retire para fazer o revenido.	3) Esfrie ao ar calmo.
4) Retire para esfriar ao ar calmo até 100°C e depois até a temperatura normal ambiente (20°C).		

Também podemos empregar o mesmo processo acima, seguindo-se as explicações dadas na coluna "Têmpera a subzero" e repetindo-as por três vezes,

Material chroniony prawem autorskim

usando um tempo menor nesta temperatura (35 minutos ao invés de 45), isto é: fazemos o subzero, e quando terminar o borbulhamento, aqueceremos novamente até 100°C, deixando aí 35 minutos. Faremos o subzero pela segunda vez.

Quando terminar o borbulhamento, aqueceremos pela segunda vez a 100°C, deixando aí outros 35 minutos, para depois fazer pela terceira vez o subzero; quando terminar o borbulhamento, retiraremos e aqueceremos para fazer o revenido, conforme explicação no quadro anterior.

Ver o gráfico nº 3.

Este processo ou ciclo mais complexo se aplica em peças de absoluta precisão como paquímetros, micrômetros, padrões ou ferramentas onde se precisa completa estabilidade.

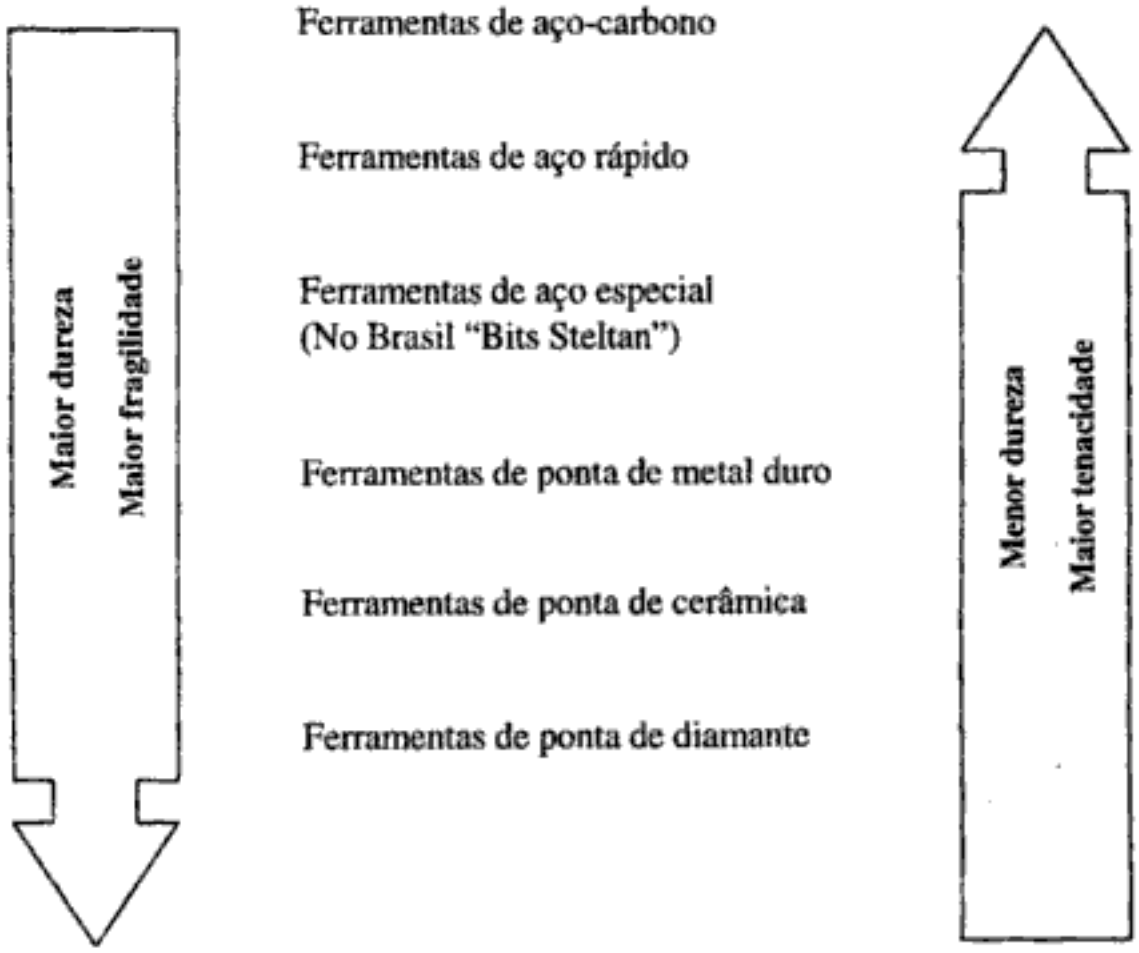
Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 3

Torno mecânico

As ferramentas das máquinas operatrizes e o ângulo de corte

Tipos de ferramentas das máquinas operatrizes, pela ordem crescente de precisão e velocidade de corte



Material chroniony prawem autorskim

Importância: Um dos fatores capitais no rendimento e trabalho das máquinas operatrizes está no formato da ponta da ferramenta que deve variar conforme a natureza do trabalho e do próprio material a ser usinado.

Se a ponta da ferramenta não está de acordo com a técnica, além de pôr em risco a ferramenta, não se obtém o rendimento máximo.

Observando o desenho abaixo, vemos que a parte cortante da ferramenta é a ponta A, a que vamos dar o nome de *ângulo de cunha.*

Quando o material é macio, o *ângulo de cunha* pode ser menor. A ferramenta resiste porque o material é mole. *O ângulo de saída* deve ser grande para dar vazão à saída do cavaco (fig. 3.1).

Quando se trabalha material duro, o *ângulo de cunha* deve ser grande para que a ferramenta possa resistir. Saindo pouco cavaco, também não há necessidade de *ângulo de saída* grande.

Penetrando e cortando o material, o *ângulo de cunha* faz desprender o que na oficina chamamos de cavaco.

Mas o *ângulo de cunha* cortando o material precisa deixar espaço ou saída para o desprendimento do material cortado, isto é, do cavaco.

Essa saída do cavaco se faz então pelo *ângulo de saída* que é o espaço deixado para esse fim.

Quando esse ângulo é pequeno, oferece dificuldade à boa saída do cavaco.

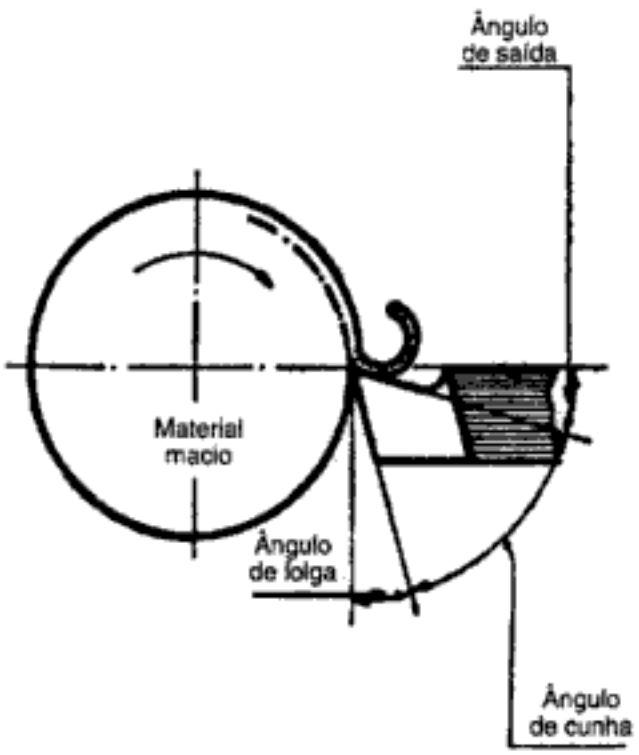


Fig. 3.1

Material chroniony prawem autorskim

Já na parte inferior entre a peça e a ferramenta, vemos uma folga ou um espaço justamente para evitar que a ferramenta freie ou atrite com a peça em rotação. É o *ângulo de folga.*

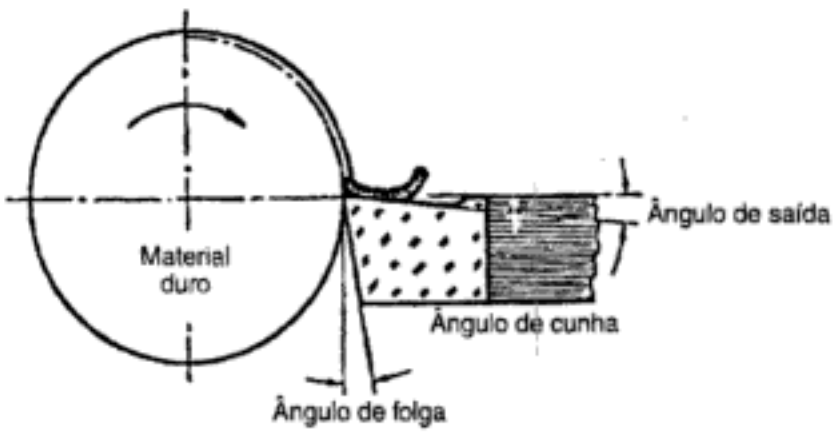


Fig. 3.2

Os três ângulos que vimos acima: *ângulo de saída, ângulo de cunha* e *ângulo de folga,* juntos e somados, formam o ângulo reto ou de 90°. Já a soma do ângulo de ataque e do ângulo de folga formam juntos o *ângulo de corte,* como vemos na figura.

Nas figuras seguintes, podemos observar que, conforme vamos trabalhando com material cada vez mais duro, o corpo da ferramenta, isto é, a ponta, a que damos o nome de *ângulo de cunha,* vai aumentando.

Orientação para ângulos corretos de ferramentas

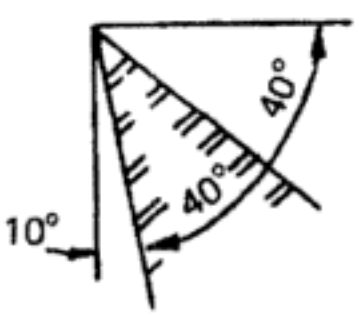


Fig. 3.3

Alumínio
Cobre macio

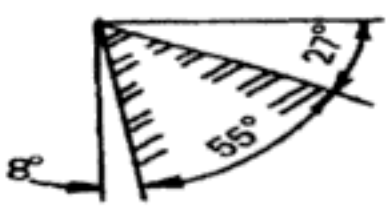


Fig. 3.4
Aço muito macio
Bronze macio
Ligas de Alumínio

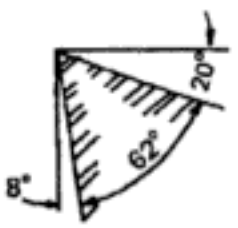


Fig. 3.5

Aço macio
Bronze macio e tenaz

Material chroniony prawem autorskim

Metais macios, ângulo de cunha menor.

Materiais duros, ângulo de cunha maior para resistir.

Aumentando o *ângulo de cunha,* é lógico que a ferramenta resiste melhor ao material duro, e por isso mesmo desprende menos cavaco. Desprendendo menos cavaco, vemos que o *ângulo de saída* pode ser menor. Assim, o que o *ângulo de cunha* ganha em grandeza com material duro, o *ângulo de saída* do cavaco perde em dimensão.



Fig. 3.6

Aço médio
Latão macio

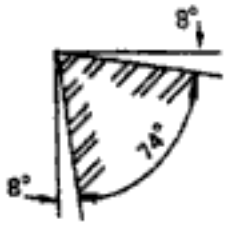


Fig. 3.7
Aço fundido
Aço duro,
Latão e Bronze
médios

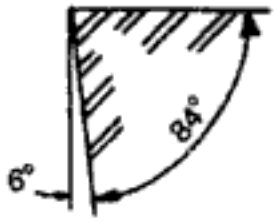


Fig. 3.8
Ferro fundido
extraduro,
Aço-manganês,
latão e bronze duro

Material duro — ângulo de cunha grande — ângulo de saída pequeno.
Material macio — ângulo de cunha pequeno — ângulo de saída grande.

Em linguagem prática e popular:

Material duro — ferramenta com ponta grossa
Material macio — ferramenta com ponta fina

Mas essa orientação geral não basta. Para cada material e para cada tipo de trabalho, esses ângulos devem variar, e para trabalharmos dentro desta técnica precisamos saber consultar a tabela.

Além dos ângulos mostrados e explicados acima, a ferramenta ainda tem os ângulos laterais, que dependem da função ou operação que se vai fazer. No caso de abertura de rosca, são os ângulos laterais que determinam o formato do filete das mesmas.

Material chroniony prawem autorskim

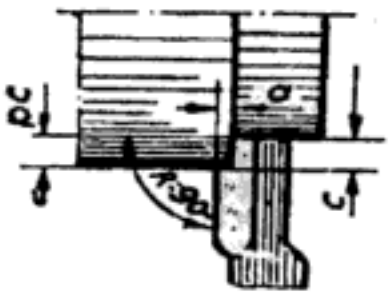


Fig. 3.9

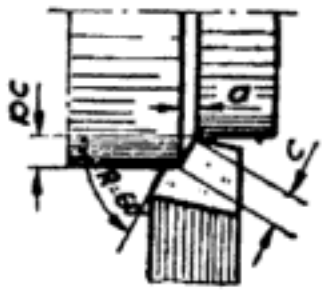


Fig. 3.10

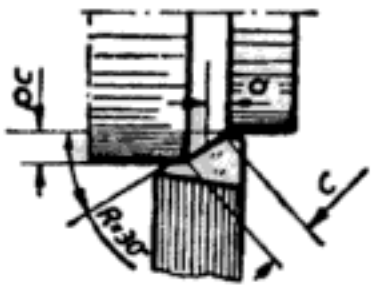


Fig. 3.11

pc = Profundidade de corte

a = Avanço

R = Ângulo de rendimento

C = Parte cortante da ferramenta

Diminuindo o ângulo de rendimento, aumenta a parte cortante da ferramenta sobre a peça. Aumentando a parte cortante, melhora o esforço de corte e a distribuição do calor, obtendo maior duração da ferramenta.

No caso de peças finas e compridas aconselha-se limitar o ângulo de rendimento ao mínimo de 60°, para não forçar a peça à flexão (arqueamento).

Tabela 3.1
Orientação para ângulos de corte para ferramentas de torno

MATERIAIS	Ferramenta de aço rápido			Ferramenta de metal duro		
	Ângulo de folga	Ângulo de cunha	Ângulo de saída	Ângulo de folga	Ângulo de cunha	Ângulo de saída
AÇO-CARBONO						
Aço macio até 24 kg/mm^2	10	55	25	6	64	20
Aço de 24 a 35 kg/mm^2	8	60	22	6	66	18
Aço de 35 a 50 kg/mm^2	8	62	20	6	66	18
Aço de 50 a 60 kg/mm^2	8	64	18	6	66	18
Aço de 60 a 70 kg/mm^2	8	68	14	5	70	15
Aço de 70 a 80 kg/mm^2 (meio duro)	8	70	12	5	71	14
Aço de 80 a 100 kg/mm^2 (duro)	6 a 8	70 a 72	14 a 10	5	75	10
Aço de 100 a 140 kg/mm^2 (meio duro)				5	77	8
Aço para ferramenta 150 a 180 kg/mm^2 (extraduro)				5	83	2
Aço fundido 50 a 70 kg/mm^2	8	73	9	5	78	7
Aço fundido 50 a 100 kg/mm^2	7	77	6	5	80	5

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.1 (continuação)

MATERIAIS	Ferramenta de aço rápido			Ferramenta de metal duro		
	Ângulo de folga	Ângulo de cunha	Ângulo de saída	Ângulo de folga	Ângulo de cunha	Ângulo de saída
AÇOS ESPECIAIS						
Aço-cromo níquel 70 a 100 kg/mm²				5	73	12
Aço-cromo molibdênio 70 a 100 kg/mm²				5	73	12
Aço-cromo-níquel-molibdênio 100 a 180 kg/mm²				5	81	4
Aço-manganês 12%				5	83	2
Aço inoxidável 60 a 70 kg/mm²				5	76	9
FERRO FUNDIDO						
Ferro fundido macio de 140 a 180 Brinell	8	72	10	5	76	9
Ferro fundido cinzento de 180 a 250 Brinell	7	77	6	5	80	5
Ferro fundido cinzento de 250 a 400 Brinell				5	83	2
Ferro fundido extraduro	6	84	0	5	85	0
Ferro fundido maleável	6	78	6	5	78	7
Conquilha	6	72	12	5	75	10
COBRE E LIGAS DE COBRE						
Cobre	8	62 - 52	20 - 30	6	58	26
Cobre e mica coletores	7	65	18	6	69	15
Cobre vermelho	7	47	36	5	69	16
Latão macio	8	68	14	5	75	10
Latão duro	6	82	2	5	81	4
Bronze macio	8	55	27	5	75	10
Bronze duro	6	82	2	5	81	4
METAIS LEVES						
Alumínio puro	10	40	40	10	50	30
Liga de alumínio silício (silumínio)	9	59	22	6	72	12
Liga para pistões	8	62	20	6	74	10
Duralumínio	8	52	30	6	70	14
Ligas de alumínio magnésio	6	55	29	6	74	10
Ligas de magnésio	8 - 10	67 - 60	15 - 20	6	74	10
Ligas de zinco	12	64	14	6	72	12
MATERIAIS PLÁSTICOS						
Ebonite, baquelite, galalite, fibra, plexiglas (acrílico)	6 - 8	64 - 54	20 - 28	6	58	26
Vidro				6	80 a 79	4 - 5
Matéria plástica fenolite				12	58	20
Porcelana				5	83	2
Mármore				5	78	7

Material chroniony prawem autorskim

O que significa "24 kg/mm²"

Observe que nas fileiras referentes a aço, encontramos indicações como esta: "Aço macio até 24kg/mm² (1ª fileira), ou então já na 2ª fileira vemos: Aços de 24kg/mm² a 35kg/mm². Estas indicações correspondem à resistência que o material suporta quando puxado pelos dois extremos, sem se romper. Na Tecnologia chama-se **resistência à tração**.

Assim, se a indicação diz: *Aço até 24 kg/mm² significa que cada 1 mm² de secção da peça suporta até 24kg de esforço ao ser puxado.*

Em todas as tabelas de ângulo de corte e de velocidade de corte, é comum aparecerem estas indicações, pois tanto o ângulo da ferramenta como a velocidade de corte variam em função da resistência à tração do material que se vai trabalhar. Daí a necessidade de se conhecer ou de se ter a resistência à tração do material para se dar um ângulo ou velocidade correta no trabalho. As grandes indústrias possuem máquinas que testam esta resistência à tração. As oficinas pequenas, neste caso, devem servir-se de indicações dadas pelo próprio fabricante ou fornecedor do aço para um trabalho correto.

Sendo impossível obter, recorre-se à prova de chispa pelo esmeril, baseando-se na dureza do material.

Assim como a porcentagem de carbono é importante para uma têmpera correta, no ângulo e na velocidade a resistência à tração adquire valor.

Como usar a tabela 3.1

1º) Seja tornear um aço para ferramentas. Procuramos esse material na lista. Encontramos na 9ª linha de cima para baixo. Seguindo à frente, encontramos os seguintes ângulos: para uma ferramenta de metal duro:

ângulo de folga 5°
ângulo de cunha 83°
ângulo de saída 2°

2º) Exemplo: tornear uma peça de latão duro:

Com ferramenta de aço rápido		*Com ferramenta de metal duro*	
Ângulo de folga	6°	Ângulo de folga	5°
Ângulo de cunha	82°	Ângulo de cunha	81°
Ângulo de saída	2°	Ângulo de saída	4°

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.2

Orientação sobre a dureza das principais ferramentas

	Dureza *Rc* Rockwell recomendada	
Ferramentas para trabalhos a frio		
Matrizes e punções de corte	65	58
Ferramentas de estampar, sem cantos cortantes	60	50
Matrizes para cunhagem	58	53
Punções para cunhagem profunda	63	58
Punções de letras, etc.	63	58
Ferramentas cortantes, "bits"	66	66
Fresas para madeira	64	59
Escareadores	64	60
Facas circulares, navalhas retas	62	55
Ferramentas para trabalhos a quente		
Ferramentas para forjar (pequenas)	47	42
Ferramentas para forjar (grandes)	42	37
Moldes para fundição sob pressão	50	42
Matrizes para extrusão, metais leves	42	40
Rebarbadeiras a quente	58	50
Navalhas para corte a quente	52	49
Matrizes para parafusos e rebites	44	42
Matrizes para trabalhos a quente em geral	40	46
Matrizes para fundição sob pressão	42	46
Matrizes para fundição sob pressão para alumínio	44	47
Matrizes para fundição sob pressão para latão	42	47

Material chroniony prawem autorskim

Como afiar ferramentas de aço rápido

Iniciamos pelo desbaste, obedecendo às recomendações dos ângulos indicados na tabela 3.1.

Atenção — Para o desbaste de ferramentas de aço rápido, usar **rebolo plano de óxido de alumínio branco.**

São aconselhadas as seguintes especificações:

Desbaste à mão livre	**Norma Carborundum Brasil, Sivat**	**Norma Norton**
A seco	*AA* 36 *P* 6 *V*	32 a 36 *P* 6 *V* 38 ou
A água	*AA* 36 *O* 6 *V*	32 a 36 *O* 6 *V*

Desbaste do ângulo de folga

1) Incline a mesa do rebolo para o ângulo recomendado. Se a mesa não for inclinável, incline a ferramenta com as próprias mãos. Pressione a ferramenta com o topo voltado para o rebolo. Verifique o ângulo de folga com o gabarito ou transferidor.



Fig. 3.12

2) Faça o ângulo de rendimento, se for o caso, conforme mostram as figuras 3.13 e 3.14.

3) Faça o ângulo da ponta, que dependerá da função da ferramenta. Verifique com gabaritos ou com transferidores (fig. 3.16).

Materiał chroniony prawem autorskim

Acabamento das ferramentas de aço rápido

Atenção — Use **rebolo cilíndrico** de **óxido de alumínio branco**.



Fig. 3.13

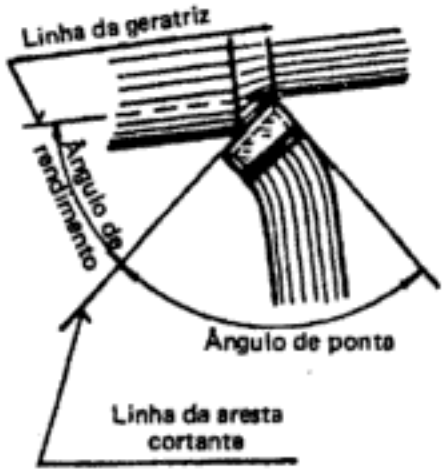


Fig. 3.14

São aconselhadas as seguintes especificações:

Desbaste à mão livre	Norma Carborundum Brasil, Sivat	Norma Norton
A seco	*AA* 60 *O* 6 *V*	38 *A* 60 *O* 6 *V*
		32 ou
A água	*AA* 24 *Q* 5 *V*	38 *A* 24 *Q* 5 *V*

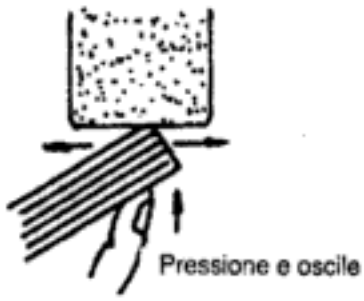


Fig. 3.15

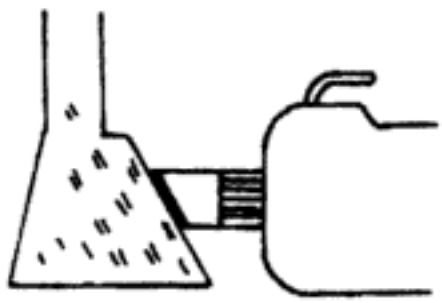


Fig. 3.16

1º) Dê o acabamento no ângulo de folga. Oriente-se pela figura e pelas explicações dadas para o desbaste deste ângulo na página anterior.

2º) Faça o ângulo de saída baseando-se nas figuras do desbaste desse ângulo.

Material chroniony prawem autorskim

3º) Feito o ângulo de folga e de saída, automaticamente temos o ângulo de cunha. Verifique este ângulo conforme mostra a figura 3.37 (pág. 114). Se não estiver correto, acerte no rebolo.

4º) Arredonde a ponta da ferramenta conforme mostra a figura 3.39. Observe os raios a serem dados conforme a tabela (pág. 115).

5º) Afie o gume da ferramenta, como mostra a figura 3.40, usando pedra de afiar lubrificada com óleo.

O que é "widia"

É comum aos trabalhadores julgar que "Widia" é um aço. "Widia" não é aço. É uma pastilha de pó de carbono-tungstênio e outros componentes, submetidos a uma compressão e calor determinado, processo que leva o nome de **sinterização.**

A "Widia" foi fabricada pela primeira vez na Alemanha, pela firma "Krupp", e hoje é conhecida e fabricada com diferentes nomes, em diversos países, com a denominação geral de **metal duro** ou **pastilha de carbeto de tungstênio**. (Ver tabelas 3.3 e 3.4).

No Brasil é fabricada pela "Brassinter" com o nome de "Firthith", pela "Tungstit" com o nome de "Tungstit" e "Widia", e pela "Stora Kopparberg do Brasil S.A." com o nome de "Stora" (antigamente "Rekord"), além das pastilhas "Wimet" pela Sandwik e as pastilhas "Coromant".

Tem uma grande dureza, que pode chegar a 5% menor do que a do diamante, considerado o material mais duro conhecido na natureza. Graças a esta dureza, e ao fato de não ser atingida praticamente pelo calor, de não necessitar de têmpera, apresenta um corte bastante durável e de alto rendimento, para ser empregada nas pontas das ferramentas das máquinas operatrizes.

É, porém, extremamente delicada ao choque, às pancadas, às vibrações, quebrando-se facilmente, quando empregada incorretamente, principalmente as de maior grau de dureza, mas apresentando um alto rendimento, quando empregada corretamente.

Observações sobre o uso das tabelas comparativas de pastilhas de metal duro (Tabelas 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6)

1º) Cada fabricante costuma fornecer informações sobre o uso e as recomendações de suas pastilhas. As tabelas anteriores podem servir para uma orientação geral.

2º) As pastilhas iniciais da tabela, tendo maior dureza, são mais recomendadas para operações de acabamento e maiores velocidades. As que vão se

Materiał chroniony prawem autorskim

situando no final da tabela, menos duras, são indicadas para desbastes, com avanços maiores, porém, menores velocidades.

A duração da pastilha e a triplicação da produção estão na dependência de dois fatores: 1º — Escolha acertada da pastilha para cada caso. 2º — Ângulos e velocidades adequados a cada caso.

Como fazer a escolha acertada da pastilha

Temos que ver o material que vamos trabalhar e a operação que vamos fazer. Ex.: Acabar peças de **ferro fundido coquilhado** com dureza acima de 200 Brinell. Procuramos a tabela para **ferro fundido** (tab. 3.4). O material com a especificação acima, encontramos à 1ª linha da 1ª coluna. À frente encontramos, logo após as normas ISO e USA e DIN-ISO, os prefixos ou normas de uma série de pastilhas que podemos empregar para o caso que exemplificamos e que podem ser: HF, TH05, H05 etc. Na parte superior temos o fabricante. Ressalvando-se as pequenas diferenças de fabricante, as pastilhas de uma mesma linha são equivalentes, situando-se dentro de uma mesma graduação. 2º Ex.: **Desbastar** peças forjadas de **aço-liga**. Encontramos esse material na 4ª fileira da 1ª coluna à esquerda (tab. 3.3). Indo à direita da 4ª fileira, encontramos uma série de prefixos conforme o fabricante. Assim: *S*2, *T*108, *S*12, etc.

Observações — 1º) No caso das oficinas pequenas ou as de manutenção, em que não se pode contar com um número elevado de peças, ou de operações da mesma espécie, isto é, em que predomina a variedade de materiais e de operações, aconselhamos um tipo de pastilha que se adapte a essas variações, que se costuma chamar **"classe universal"**. São pastilhas tidas como de todo serviço, e que resistem melhor às variações citadas. Essas pastilhas estão situadas dentro das normas ISO como as M30.

2º) Os **ângulos** e as **velocidades de corte** corretos. Na parte semifinal do lado direito da tabela comparativa de pastilhas, encontramos uma série de números em corpo grande.

Esses números servem como ponto de referência, para se ter uma orientação dos ângulos e das velocidades, servindo de ligação para se ir da tabela comparativa de pastilhas (tabs. 3.3 e 3.4) para a tabela indicativa de velocidade e ângulos (tabs. 3.5 e 3.6) e vice-versa. Exemplo: Seja um aço-cromo-níquel de dureza Brinell 200-250. Qual o ângulo e velocidades mais adequadas? Consultamos a tabela de ângulos e velocidades (tabs. 3.5 e 3.6). Encontramos aço-cromo-níquel, com dureza Brinell 200-250, na 6ª linha da coluna **material a ser usinado.** Logo à frente, encontramos os ângulos recomendados. Assim, para o ângulo de folga: 5-6. Para o ângulo de saída: 8-12 etc. A seguir, na mesma linha

Materiał chroniony prawem autorskim

em frente, temos as indicações das velocidades de corte. Assim: 180-80 para as pastilhas do **grupo 1** na **operação de desbaste,** ou 90-40 se usarmos as pastilhas da **coluna 2**. Se a operação for **acabamento,** temos a velocidade 300-180, se usarmos as pastilhas da coluna 1. E assim sucessivamente.

Outro exemplo — Seja **desbastar** aço SAE 1050. Encontramos esse material logo na 1ª linha (tabs. 3.5 e 3.6). À frente vem a indicação da dureza Brinell, como sendo acima de 170. A seguir, as colunas indicativas dos ângulos que são: **ângulo de folga 5-8** (significa 5 a 8°). Depois o **ângulo de saída** para 8 a 18° etc.

Vejamos agora quanto às indicações das velocidades de corte.

Seguimos em frente na mesma linha. Encontramos 250-170 se empregarmos as pastilhas do grupo 1. Se empregarmos as pastilhas do grupo 2 a velocidade recomendada para desbastar será 180-100. Esses números indicam a velocidade em metros por minuto (m/min) e significa que a velocidade pode ir de 100 m/min a 180 metros por minuto.

Atenção

> As tabelas comparativas de metal duro (tabs. 3.3 e 3.4) e as tabelas de ângulos e velocidades (tabs. 3.5 e 3.6) se relacionam entre si e se complementam, através dos números de referências das colunas.

Pastilhas intercambiáveis de metal duro

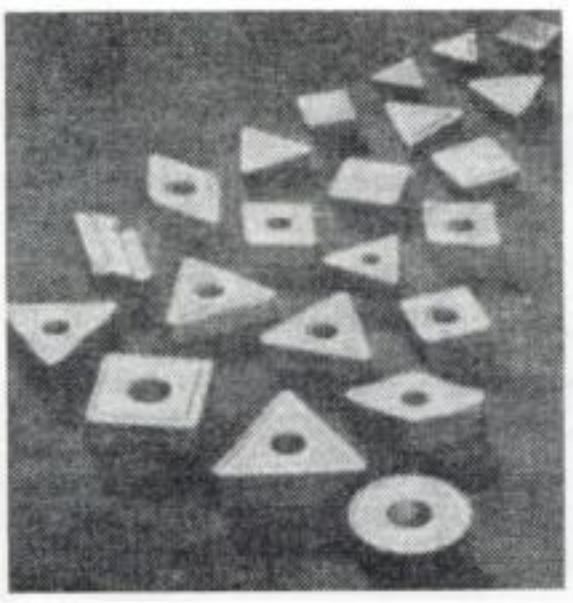


Fig. 3.17

As *GC* 015 (Coromant) podem ser mudadas de posição na ponta da ferramenta, conforme o trabalho e o material a ser executado. As pastilhas *GC* 015 têm um fino revestimento de cerâmica acima de cada camada de carbeto de titânio. Com isso se conseguiu maior resistência ao desgaste, e redução do atrito, entre a pastilha e o cavaco. O fabricante garante um aumento de 50% de resistência ao desgaste.

Material chroniony prawem autorskim

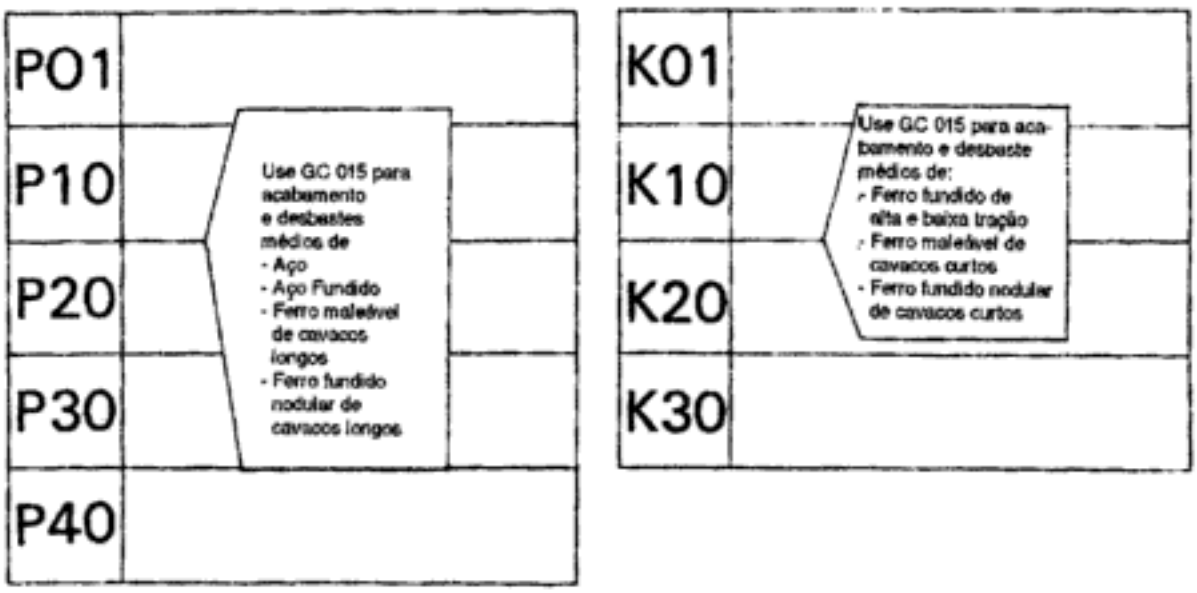


Fig. 3.18

A nova pastilha *GC* 015 da Coromant serve tanto para o grupo ISO P (aços, ferro doce, nodular), como para o grupo *K* (ferro fundido, etc.) e parcialmente para o ISO *M*. Permite boa velocidade de corte. Em máquina transfer diminui as interrupções para troca de pastilhas.

Ferramentas de metal duro intercambiável T-MAX P para TORNEAR, da "Sandvik"

O porta-ferramentas T-MAX P com construção de alavanca proporciona uma fixação segura e rígida da pastilha. Nenhum dispositivo de fixação na face superior dificulta a livre saída dos cavacos.

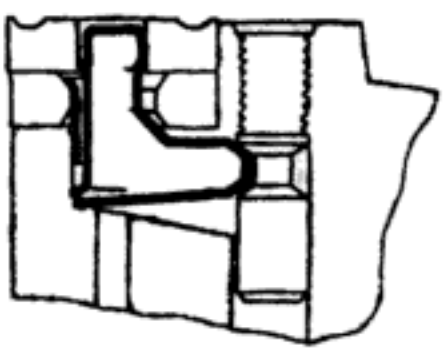


Fig. 3.19

Material chroniony prawem autorskim

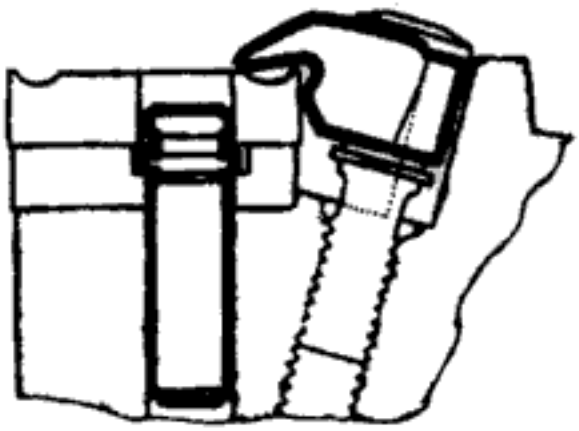


Fig. 3.20

O porta-ferramentas T-MAX P com cunha é usado quando predominam as exigências para boa acessibilidade, isto é, operação de copiar.

A cunha pressiona a pastilha contra um pino fixo.

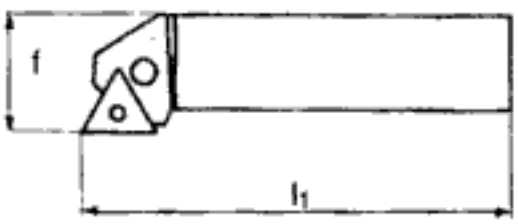


Fig. 3.21

ISO significa padronização internacional das dimensões de ferramentas para tornear. Toda a linha T-MAX P já é adaptada às dimensões ISO.

A ampla gama de porta-ferramentas e formatos T-MAX P cobre a grande maioria das operações de torneamento externo e interno.



Fig. 3.22

Materiał chroniony prawem autorskim



Continuação da Fig. 3.22

Bedame T-MAX de pastilhas intercambiáveis ("Sandvik")

O corte com bedame e a abertura de ranhuras são duas operações de usinagem que, durante muito tempo, não podiam ser feitas com a moderna tecnologia de ferramentas, ou seja, pela fixação mecânica de metal duro. Idéias radicalmente novas no desenho de uma ferramenta, grandes melhorias na técnica de prensagem de pastilhas e o desenvolvimento de um entalhe especial na superfície da pastilha para o controle dos cavacos foram necessários, antes que este problema encontrasse uma solução. O resultado de todas estas inovações foi uma ferramenta altamente inconvencional, onde a única peça intercambiável é a própria pastilha.

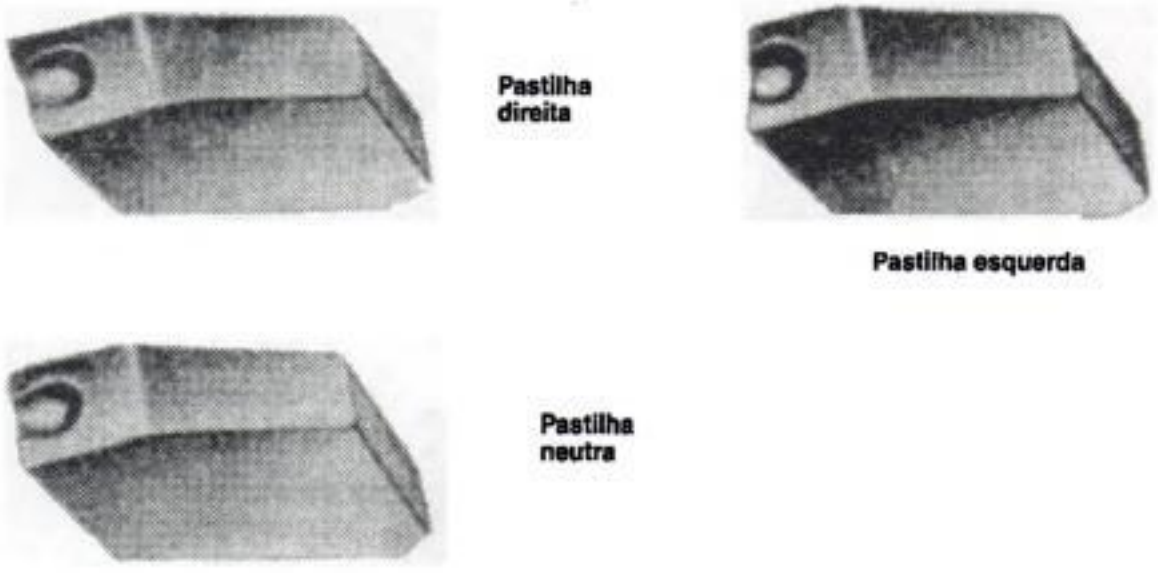


Fig. 3.23

Materiał chroniony prawem autorskim

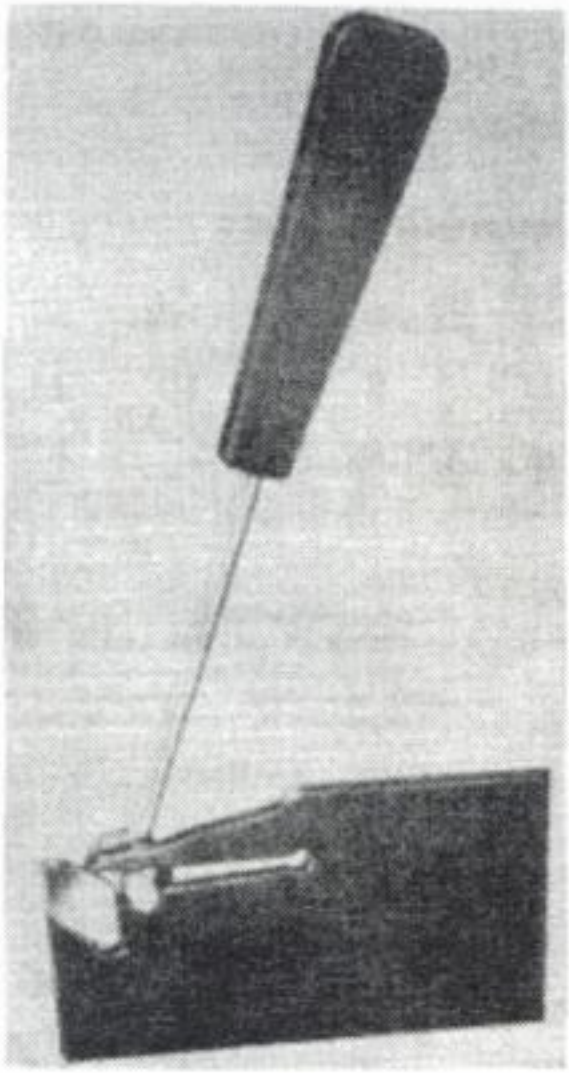


Fig. 3.24

O porta-ferramentas, fabricado de aço-mola, é desenhado para um encaixe tipo rabo de andorinha. O porta-ferramentas permite corte direito (*R*) esquerdo (*L*) e neutro (*N*). O comprimento em balanço pode ser ajustado dentro de certos limites, o que significa a máxima rigidez para cada caso de usinagem. Em outras palavras, é possível usar o mínimo comprimento em balanço necessário para cada operação.

O assento da pastilha tem a base em forma de "V" onde a pastilha assenta seguramente e é fixada de uma maneira totalmente inconvencional. O porta-ferramentas tem um corte, criando, assim, um braço com efeito de mola que segura a pastilha firmemente. A troca de pastilha é feita por meio de uma chave especial que suspende o braço de mola.

As pastilhas para os betames T-MAX têm um formador de cavacos na sua face de saída, que ao mesmo tempo, enrola e esforça o cavaco. O resultado é um fluxo contínuo dos cavacos durante a operação de corte.

Pastilhas tipo GC resistem à formação de arestas postiças e têm proporcionado excelentes resultados nas operações de cortes.

Material chroniony prawem autorskim

Como conhecer a pastilha intercambiável através do seu código

Denominação de Pastilhas Intercambiáveis

Pastilha intercambiável para tornear - SNMM120408-56 tirada de ISO 1832 2

S	**N**	**M**	**M**	**12**	**04**	**08**	**__**	**__**	**-56**	**__**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	$\frac{7a}{7b}$	**8**	**9**	**10**	**11**
S	**N**	**E**	**X**	**19**	**05**	**AN**	**E**	**N**	**-__**	**F**

Pastilha intercambiável para fresar 1905NA-EN-F

Anotação: As indicações dos ângulos da primeira letra da posição

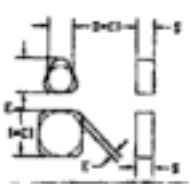
1 Formatos das pastilhas

C losangular 80°	M losangular 86°
D losangular 55°	R circular
H hexagonal	P pentagonal
K paralelogrâmico 55°	S quadrado
L retangular	T triangular

3 Tolerâncias, mais/menos

m	s	i para quadrado d para triângulo
A 0,005	0,025	0,025
E 0,025	0,025	0,025
G 0,025	0,13	0,025
J 0,05	0,025	0,05-0,13*
K 0,13	0,025	0,05-0,13*
M 0,18-0,18*	0,13	0,05-0,13*
U 0,13-0,38*	0,13	0,06-0,25*

* dependendo do tamanho da pastilha



5 Comprimento das arestas de corte

teóricos, valores decimais são cortados

/						
CI	/ 1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
/						

Formato: Comprimento da aresta de corte i em mm

Trian.	/ 11	16	22	27	33	44
Quadra.	/ 06	08	12	15	19	25

7 Raios da ponta 1/10 mm

00 past. Inter. Redonda	04 *r* =0,4
00 cantos vivos	08 *r* = 0,8
01 *r* = 0,1	12 *r* = 1,2
02 *r* = 0,2	e assim sucessivamente

* em combinação com "*R*" da posição 1.

8 Condições das arestas cortantes

E aresta arredondada
F arestas com cantos vivos
T aresta com fase

10 Denominações internas

Execuções quais divergem do standard, tais como formato, quebra-cavaco, etc.
05 = pastilha triangular com furo e ângulo da ponta de 55°
37 = geometria reg./pos.
37
56 = quebra-cavacos para aços inoxidáveis

Anotação: A não indicação de letra ou número nas posições 8 e 9 traz automaticamente consigo que eventuais símbolos das outras posições ficam próximas da posição 7. As letras E e N nas posições 8 respectivamente 9 em regra não são indicadas porque elas descrevem execuções standard.

2 Ângulos de incidências

N 0°
C 7°
P 11°
D 15°

4 Configuração da superfície de saída e/ou da fixação

N sem furos, sem quebra-cavacos
F sem furos, com quebra-cavacos (ambos os lados)
A com furo, sem quebra-cavacos
R sem furo, com quebra-cavacos (um lado)
M sem furo, com quebra-cavacos (ambos os lados)
X outras indicações, quais sempre necessitam descrições. Sempre é usada para os formatos *K* e *L*.

6 Espessuras *s* em mm

Números decimais ficam sem efeito

02	s = 2,36	04	s = 4,76
03	s = 3,18	06	s = 6,35

7B Pastilhas intercambiáveis com fases nos cantos. Duas letras de identificação são indicadas;

Primeira letra = ângulo	Segunda letra = ângulo de incidência na fase do canto	
A = 45°	*A* = 3°	*F* = 25°
D = 60°	*B* = 5°	G = 30°
E = 75°	*C* = 7°	N = 0°
F = 85°	*D* = 15°	*P* = 11°
P = 90°	*E* = 20°	

ZZ = especial

Sentido de corte

R corte à direita
L corte à esquerda
N corte à direita e à esquerda

11 Denominação interna

Somente para pastilhas intercambiáveis usadas nas operações de fresar, indicando a sigla do fabricante.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.3
Tabela comparativa de pastilhas de metal duro para usinar aços em geral

Para orientação do ângulo e velocidades ver tabs. 3.5 e 3.6)	NORMAS			MARCAS											
				NACIONAIS					ESTRANGEIRAS						
EMPREGO E RECOMENDAÇÕES	ISO	DIN	Adaptação DIN - ISO	REKORD	Fritsche Brasileira)	WIDIA (KPopp)	Fagersta	Sandvik Coromant	UGICARB	CARBOLOY (USA)	TITANIT C.E. (USA)	LIDDIA Uddeholm	Valenite Modco Ind. Com.	Nº de ref. p/ ângulos e velocidade de corte	Observações
OPERAÇÕES DE ACABAMENTO. Usinar e frisar aços de altas velocidades com avanços até 1 mm. Evitar choques e vibrações. Resiste a crateras. Usar pequeno avanço e pouca profundidade de corte. Ideal para acabamento estrutural.	P01	C8	P01.2	N36	WF	TT10	–	F1	FM	–	ST020	–	VC-83		
					T31		F13	F01				F3			
			P01.3	F1	T31	TT04		S1P		350	ST401				
					T102										
ACABAMENTO EM AÇO FUNDIDO. Avanços e profundidades de corte pequenos. Resistente ao desgaste, aquecimento e crateras, mas evitar vibrações. ESPECIAL PARA aços de construção cromo-níquel, cromo-níquel-molibdênio. Mais resistentes ao choque do que as pastilhas do grupo anterior. Usar avanços médios.	P10	C7A C7	P0.5	F5			XL1			350	ST005		VC-8	1	
											ST010T				
				S1	T16	TT10	N16	S1P	S1	78		S1	VC-7		
								S2							
											ST110				
				S12											
USINAR, TORNEAR, frisar e plainar aço carbono e aço fundido com velocidades médias, e avanços até 2 mm/rotação. Pode-se obter alta produção em condições severas, especialmente em peças forjadas de aço liga.	P20	C6			THA										
					T108										
				S2	T108	TT20	XL3	S2	S2	78B	ST020	S2	VC-6		
DESBASTE EM AÇO e aço fundido e aços liga. Velocidades 2 a 3 vezes maiores que as ferramentas de aço rápido. Boa resistência ao choque e ao desgaste.					TXL	TT20	S13	S2							
								S4					VC-76		
		C5A	P25		TXH	TT25					ST025			2	
TORNEAR, APLAINAR E FRESAR a velocidades médias e médias profundidades de corte e alta produção especialmente em peças forjadas de aço liga. Suporta condições severas, corte interrompido e desbaste pesado.	P30		P30		NTA			S6				SU36	VC-55		
		C5		S4U	TXH	TT30	S4	S4	S3	78C	ST030	S4	(V90)		
DESBASTE MÉDIO E PESADO DE AÇO, aço fundido e aço liga. Com menor velocidade, aceita maior avanço e profundidade. Suporta interrupções. Tornear, aplainar, frisar. Indicado para usinar em tornos automáticos.	P40		P40		T04										
				S5		TT40	(S6)	S6	S4		ST040		VC-125		
TENDO MENOR DUREZA que as anteriores, resiste mais ao desbaste pesado, choques e cortes interrompidos. Usar velocidades baixas e grandes profundidades. Indicado para ferramentas de plaina de mesa, vertical e limadoras.	P50		P45	SR6			XL5				ST045	S6		3	
			P50	SR7	T107	TT50		SR4			ST050				
SEMELHANTE ÀS ANTERIORES porém mais tenaz, representa um elo entre o aço rápido e o metal duro. Usar baixa velocidade. Usar aços inoxidáveis, inclusive o 18-8.				G27				S8	S5			S7			
USINAGEM DE AÇO, aço fundido, aço manganês, ferro fundido de liga austenítico, ferro maleável. Velocidade 20 a 40 m/min avanço a 0,8 a 1 mm, profundidade de corte 1 a 3 mm. Frisar a velocidades médias.	M10		M10	U8	THA			SIP						4	
				S4U	THF	AT10	UHC	R1P			UTI10				
					T111	Classe Universal									
DESBASTE DE AÇO e FERRO FUNDIDO. Ideal para aço manganês e desbaste em velocidades normais de ferro fundido ligado. Adequado para peças com juntas soldadas.	M20			Usinagem de materiais Diversos											
			M20	S4U	THA	AT20	UH	SH	U2		UTI20	SU36	VC-27		
				Diversos				(S4)						5	
ALTA PRODUÇÃO em peça forjada de aço carbono, aços liga com velocidades e avanços médios. Suporta cortes interrompidos.	M30														
INDICADO PARA oficinas pequenas ou de manutenção onde há variedade de trabalho e de materiais. Usinagem em aço e ferro fundido. Suporta cortes interrompidos. Classe Universal.			M30	S4	THB		U			55A	UTI30	SU			
				U			NC								
TORNEAR, SANGRAR, etc. principalmente em serviços em tornos automáticos, inclusive aços inoxidáveis.	M40			Classe Universal									VC-125	6	
			M40	G27	XR	AT40	G27	S4 (S8)			UTI40				

Neste sentido as pastilhas são cada vez mais duras, mais resistentes ao desgaste, porém mais frágeis aos choques e vibrações

Neste sentido as pastilhas são cada vez mais tenazes, isto é, mais resistentes aos choques e vibrações, porém menos resistentes ao desgaste

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.4

TABELA COMPARATIVA DE PASTILHAS DE METAL DURO PARA USINAR FERRO FUNDIDO, METAIS FERROSOS E NÃO FERROSOS E OUTROS

Tabela 3.4
(Para orientação de ângulo e velocidades ver tabs. 3.5 e 3.6)

EMPREGO E RECOMENDAÇÕES	NORMAS ISO	NORMAS USA	MARCAS NACIONAIS Adaptação DIN-ISO	MARCAS NACIONAIS REKORD (Brasimet)	MARCAS NACIONAIS FIRTHITE (Brasinter)	MARCAS NACIONAIS WIDIA (Krupp)	MARCAS NACIONAIS Fargensta	MARCAS NACIONAIS COROMAN	MARCAS NACIONAIS UGICARB	MARCAS ESTRANGEIRAS CARBOLOY (G.E.) U.S.A.	MARCAS ESTRANGEIRAS TITANIT	MARCAS ESTRANGEIRAS UDDIA (Uddeholm)	MARCAS ESTRANGEIRAS Valenite Modco Ind. Com.	Nº de referência para ângulos e velocidades de corte.	Observações:
ACABAMENTO em ferro fundido duro, coquilhado com mais de 200 Brinell de dureza ou 50 Rockwel. Usinagem em ligas de alumínio com alto teor de silício e outras de alta resistência ao desgaste. Indicado para ferramentas de broquear cilindros de motores de explosão. Evitar cortes ininterrompidos.	K01				HF								VC 4		
ACABAMENTO FINO DE PRECISÃO em serviços de broquear e facear com cortes leves e velocidades maiores. Mais frouxo que o anterior, resiste melhor aos choques. Especial para fresar ferro fundido e ligas de alumínio com teor de silício e materiais abrasivos. Tornear, fresar, aplainar, escarear, alargar, brochar.	K10	C4	K01	H031	HF	TH05	H031	H05	H3	999	HT103	H05	VC 3	8	
		C3	K05	H103	HE	TH05	F	(HIP)	–	905	UT05		VC 2		
					HA	TH10	H103	H13	H1				V 91		
USINAGEM DE FERRO FUNDIDO com dureza acima de 200 Brinell, coquilha, metais não ferrosos, vidro, porcelana, borracha dura, ebonite, plásticos. Tornear, fresar, aplainar, escarear, alargar, broquear.	K20	C2	K10	H201	–	TH10	H	H20	G1	860	HT110	H20			
					HA	–	P	H1P	–	883					
		C9	K15	–	NHA	TH20	H20	H20					VC-28	7	
DESBASTE PESADO EM FERRO FUNDIDO, usinagens gerais em ferro fundido com dureza abaixo de 200 Brinell, metais não ferrosos, latão, bronze e ligas de alumínio. Tendo menos dureza que o anterior, tem maior resistência ao choque e vibrações, podendo ser empregada em máquinas velhas com vantagem.	K30	C1			N										
				H301		TH20		H35	G2		UT20	H30			
			K20		HB	TH30	H301	H20		44 A					
		C10		G27		TH30				779	WH30		VC-1		
			K30		H10										
SERVIÇOS EM MÁQUINAS DE MADEIRA, compensados, fibras. Tendo menor dureza que as anteriores, tem maior tenacidade, resistindo a choques e vibrações, inclusive com máquinas velhas.	K40													6	
		C11	K40	H421	H40	TH40	G	H45		55A	WH40	H40	VC-111		
										55B		H45			

Neste sentido as pastilhas são cada vez mais duras e mais resistentes ao desgaste.

Neste sentido as pastilhas são cada vez mais tenazes, resistem mais aos choques e vibrações.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.5

Orientação para ângulos e velocidades para ferramentas de ponta de metal duro

MATERIAL A SER USINADO	Dureza Brinell	Ângulo de folga	Ângulo de saída	Ângulo de inclinação	VELOCIDADE DE CORTE			
					PARA DESBASTE EMPREGAR PASTILHA DA COLUNA:			PARA ACABAMENTO EMPREGAR PASTILHA DA COLUNA:
					COLUNA 1	COLUNA 2	COLUNA 3	COLUNA 1	COLUNA 2
AÇOS SEM LIGA E AÇO FUNDIDO		5 - 8	8 - 18	- 5 - 0	250 - 170	180 - 100	—	330 - 250	200 - 180
SAE 1030 - 1050	acima de 170								
SAE 1060	170 - 210	5 - 8	8 - 14	- 5 - 0	210 - 140	140 - 80	60 - 25	280 - 210	170 - 140
SAE 1070	200 - 240	5 - 8	8 - 12	- 5 - 0	170 - 100	100 - 50	50 - 20	230 - 170	130 - 100
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aço fundido	acima de 150	4 - 6	8 - 10	- 5 - 0	110 - 60	70 - 30	50 - 25	180 - 110	100 - 60
Aço fundido	150 - 180	4 - 6	4 - 8	- 5 - 0	75 - 40	50 - 20	40 - 20	100 - 65	65 - 35
AÇOS COM LIGA	OBS.: – Os números das colunas desta tabela correspondem aos números de referência da tabela 2.16								
Aços-cromo-níquel, cromo-molibdênio e outras ligas	200 - 250	5 - 6	8 - 12	- 5 - 0	180 - 80	90 - 40	50 - 20	300 - 180	110 - 90
	250 - 280	5 - 6	8 - 10	- 5 - 0	140 - 60	65 - 30	40 - 15	220 - 140	80 - 65
	280 - 390	5 - 6	4 - 6	- 5 - 0	100 - 50	55 - 20	30 - 10	150 - 100	70 - 65
	390 - 450	5 - 6	0 - 4	- 5 - 0	50 - 20	30 - 10	—	70 - 40	50 - 30
	450 - 500	4 - 6	0 - 2	- 5 - 0	35 - 15	—	—	60 - 35	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aço-manganês (Mn 12%)	—	4 - 6	-5 - 3	- 5 - 0	20 - 10	15 - 5	—	30 - 20	20 - 15
Aços Inox. (ferríticos martensíticos	130 - 260	5 - 8	8 - 14	- 5 - 0	120 - 80	80 - 30	60 - 15	160 - 120	—

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.6

FERRO FUNDIDO E AÇOS INOXIDÁVEIS					COLUNA 4	COLUNA 5	COLUNA 6	COLUNA 7	COLUNA 8	COLUNA 3	COLUNA 4	COLUNA 5
Ferro fundido	ac. de 200	5 - 8	4 - 10	- 5 - 0	60 - 45	—	60 - 100	60 - 100	70 - 100	70 - 130	80 - 140	80 - 150
Ferro fundido	até 200	4 - 6	0 - 8	- 5 - 0	—	—	30 - 60	40 - 70	50 - 80	—	60 - 120	70 - 140
Ferro coquilhado	ac. de 500	4	- 3 - - 0	- 5 - 0	—	—	—	4 - 8	5 - 10	—	4 - 8	10 - 15
Ferro coquilhado	até 500	3	- 6 - - 0	- 10 - 0	—	—	—	—	3 - 8	—	—	6 - 10
Ferro maleável	—	5 - 7	4 - 20	- 5 - 0	70 - 40	60 - 45	50 - 70	50 - 80	60 - 90	70 - 100	80 - 110	60 - 130
Aço inoxidável (austenítico)	—	5 - 10	4 - 20	- 5 - 0	50 - 25	70 - 30	25 - 50	30 - 60	—	30 - 60	40 - 80	—
LIGAS NÃO FERROSAS E METAIS LEVES												
Cobre	—	6 - 8	20 - 30	5 - 8	200 - 100	250 - 150	200 - 300	—	—	300 - 500	—	—
Cobre para coletores elétricos		5 - 7	8 - 12	5 - 10	—	—	—	100 - 200	100 - 200	—	—	200 - 400
Latão fundido		5 - 8	4 - 12	0 - 5	150 - 100	175 - 125	200 - 300	250 - 350	—	300 - 400	350 - 450	—
Bronze para mancais e outros		5 - 8	4 - 12	3 - + 5	150 - 100	175 - 125	200 - 300	250 - 350	—	300 - 400	350 - 450	—
Bronze fosforoso		5 - 8	4 - 12	+ 3 - + 5	150 - 100	175 - 125	150 - 200	150 - 250	—	200 - 300	250 - 350	—
Alumínio	ac. de 80	8 - 10	20 - 35	+6 - +12	600 - 300	—	ac. de 1500	—	—	ac. de 2500	—	—
Duralumínio	até 80	5 - 6	4 - 12	- 3 + 5	150 - 75	170 - 80	80 - 200	100 - 300	—	150 - 300	250 - 400	
Silumin		5 - 6	4 - 12	0 - + 5	80 - 25	100 - 30	40 - 150	60 - 180	90 - 220	—	100 - 300	150 - 350
Alusil		5 - 6	4 - 10	0 - + 5	80 - 25	100 - 30	40 - 150	60 - 180	90 - 220	—	100 - 300	150 - 350
MATERIAIS DE ISOLAMENTO E OUTROS												
Ebonite		6 - 8	15 - 25	+5 - +10				200 - 300			250 - 350	
Baquelite		6 - 8	15 - 25	+5 - +10				50 - 200			75 - 350	
Vidro		6	- 10 - - 5	- 10 - - 5				40 - 60			60 - 100	
Porcelana		4 - 6	- 5 - 0	- 10 - - 5				5 - 15			10 - 30	
Mármore		4 - 6	4 - 6	- 10 - - 5				30 - 40			40 - 50	
Granito		4 - 6	- 10 - - 5	- 10 - - 5				3 - 7			5 - 12	

Materiał chroniony prawem autorskim

Como aumentar o rendimento e a produção das máquinas operatrizes

Instruções para a preparação de ferramentas de metal duro não padronizadas

Materiais necessários para a preparação das ferramentas:

1) Pedaço de folha de cobre de 0,1 mm de espessura, pouco maior do que a cavidade (ver fig. 3.25), ou lâminas de solda forte ou de solda prata.

2) Pó de soldar de boa qualidade (pasta de bórax para latão), ou prata flux ("Macan" ou "Aga") para solda de prata.

3) Varinhas metálicas, para ajudar a segurar ou pressionar a pastilha enquanto solda (uma em forma de "V").

4) Maçarico a oxiacetileno.

5) Tetracloreto de carbono ou benzina retificada para limpar ou desengordurar a cavidade onde irá se alojar a pastilha.

Fases da montagem da ferramenta

1) Limpar a cavidade de encaixe com o tetracloreto de carbono ou benzina retificada. (Fig. 3.26)

2) Comprovar se a cavidade está bem ajustada e na dimensão e forma da pastilha.

3) Recortar o pedaço de cobre ou latão ou solda de prata, sempre um pouco maior.

4) Regular o maçarico (10 libras), dirigindo a chama para a parte inferior do suporte da pastilha. (Fig. 3.27)

5) Pressionar a pastilha contra a cavidade por meio de varetas. (Fig. 3.28)

6) Colocar o pó de soldar (fluxo) sobre a pastilha, para que se una ao cobre quando começar a derreter.

(Observar as figuras das páginas seguintes)

Materiał chroniony prawem autorskim

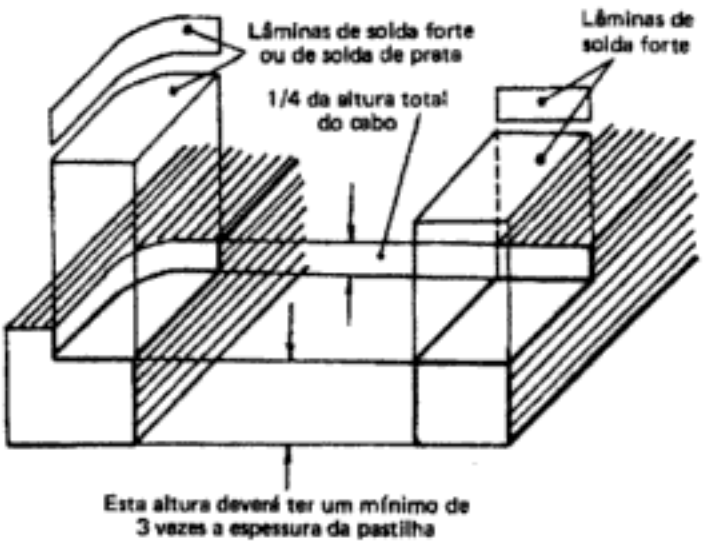

Lâminas de solda forte
ou de solda de prata
Lâminas de
solda forte
1/4 da altura total
do cabo
Esta altura deverá ter um mínimo de
3 vezes a espessura da pastilha

Fig. 3.25

Preparação de ferramentas de ponta de metal duro

Para ferramentas de tornear à direita ou à esquerda.
Para ferramentas de trabalhos laterais.

Atenção — Corte as lâminas de solda sempre um pouco maiores do que as cavidades.

Limpe muito bem com um pincel a cavidade ou o lugar onde se irá fixar a pastilha de metal duro. Use tetracloreto de carbono ou benzina retificada.

Passe o "fluxante" já preparado ou, em sua falta, prepare uma solução pastosa de bórax e água destilada no caso de ser solda de latão.

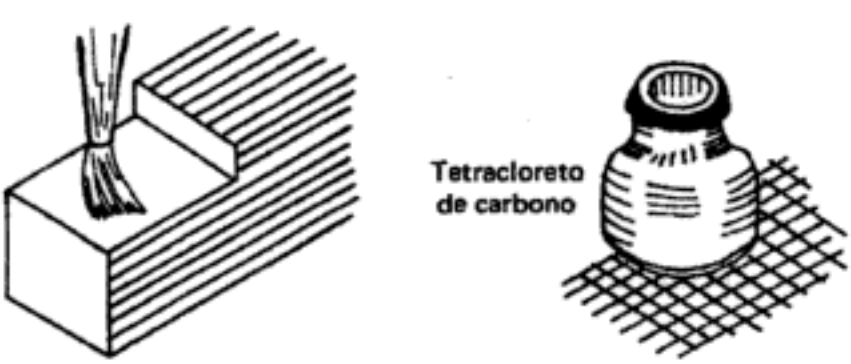


Fig. 3.26

Materiał chroniony prawem autorskim

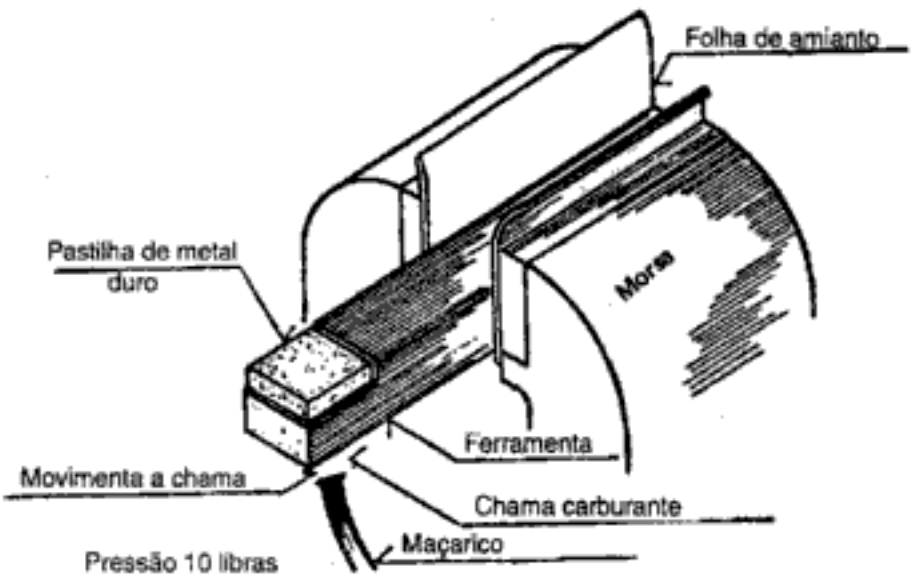


Fig. 3.27

Recorte a lâmina de solda sempre um pouco maior do que a cavidade. Coloque a pastilha de metal duro em cima da lâmina. Dirija o fogo do maçarico de baixo para cima. Oscile a chama para não haver sobreaquecimento. Aqueça até a cor vermelho vivo. Não dirija de início a chama sobre a pastilha. O aquecimento deve ser indireto, iniciando-se pela parte inferior do suporte da ferramenta, como mostra a figura.

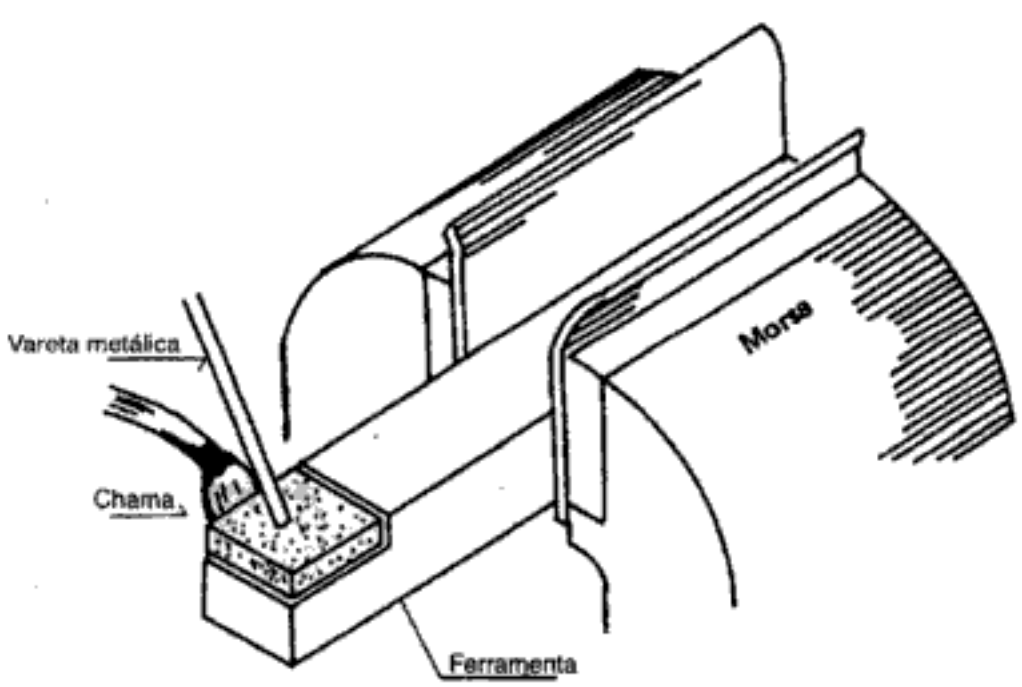


Fig. 3.28

Materiał chroniony prawem autorskim

Quando a solda derreter: Pressione a pastilha de metal duro com uma vareta. Coloque o pó de soldar (bórax) sobre a pastilha. Mude a chama de baixo para cima, quando a solda derreter (fig. 3.28). Esfrie ao abrigo do ar, em pó de carvão, serragem etc. (fig. 3.31).

Nunca esfrie em água!

Afiação de ferramentas de metal duro (widia)

Primeiramente fazemos o desbaste da ferramenta.

Atenção. No trabalho com ferramentas de metal duro empregue rebolos de **carboneto de silício verde** ou de **diamante.**

Observe as especificações abaixo para a operação inicial de desbaste.

Desbaste à mão livre	**Norma Carborundum Brasil, Sivat**	**Norma Norton**
a seco	*GC* 60 *J* 7 *V*	39 C 60 *J* 7 *V*
	GC 80 *I* 8 *V*	39 *C* 80 *I* 8 *V*
a água	*GC* 120 *H* 8 *V*	39 *C* 120 *H* 8 *V*
a máquina	*D*240 *B* 100 (rebolo diamantado)	

Desbaste do ângulo de saída

1º) Veja na tabela 3.1 qual o ângulo de saída recomendado. a) Incline a mesa do conjunto do rebolo de acordo com o ângulo, ou a própria ferramenta com a mão. b) Não desbaste a quina superior da pastilha. Deixe aí um espaço de 1 mm sem desbastar, conforme mostra o detalhe superior da gravura (fig. 3.29a). c) Movimente a ferramenta. d) Deixe o ângulo de saída com 3 a 4° a mais do ângulo recomendado (fig. 3.29b). e) Verifique o ângulo de saída. Se usar o transferidor, como mostra a figura 3.30, o ângulo de saída será igual a 90° menos o ângulo acusado pelo transferidor.

Esfrie em pó de carvão. Nunca esfrie em água e nem em óleo

Material chroniony prawem autorskim

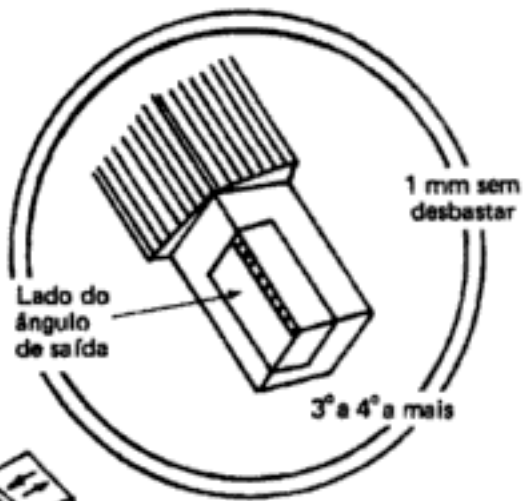


Fig. 3.29a



Fig. 3.29

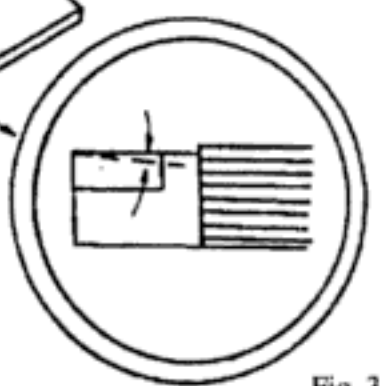


Fig. 3.29b

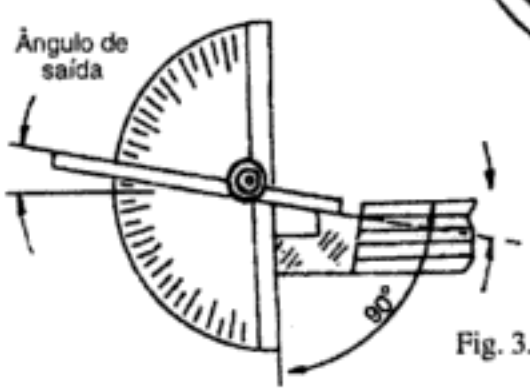


Fig. 3.30



Fig. 3.31

Material chroniony prawem autorskim

Desbaste do ângulo de folga

a) Veja na tabela qual a recomendação para o ângulo de folga.

b) Incline a mesa com um ângulo de 3 a 4° a mais do que o recomendado. Se a mesa não for inclinável, incline a ferramenta com a própria mão (fig. 3.32).

c) Deixe um espaço de 1 mm junto à quina, sem desbastar, como mostra a figura 3.33.

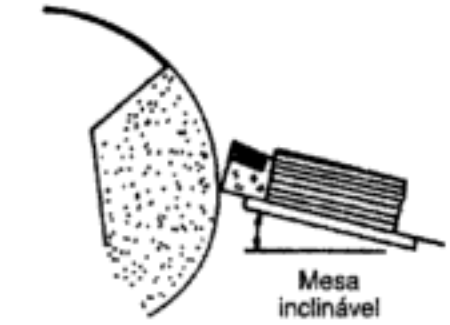


Fig. 3.32

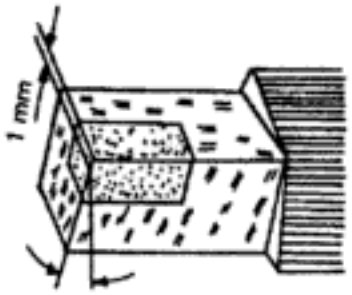


Fig. 3.33

d) Verifique o resultado do desbaste com um transferidor de oficina, ou gabarito, como mostra a figura 3.34.

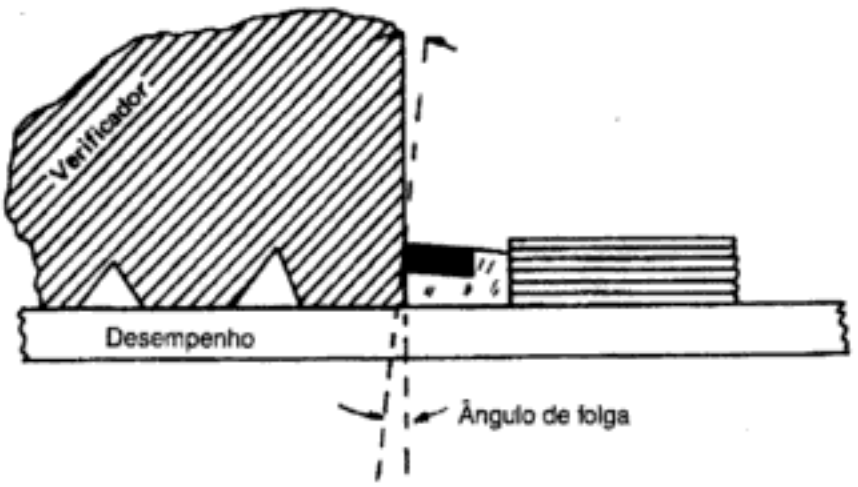


Fig. 3.34

Observações: No caso de a ferramenta exigir outros ângulos, proceder da mesma forma como explicado acima. Isto feito, passamos para a operação de acabamento.

Material chroniony prawem autorskim

Acabamento

Atenção — Para acabamento use rebolo de copo de carboneto de silício verde.

Especificações Recomendadas

Acabamento na afiação de metal duro

Para afiação a mão	*GC* 120 *H* 8 *V*	39 *C* 120 *H* 8 *V*
Acabamento a seco	*GC* 120 *I* 8 *V*	39 *C* 120 I 8 *VD*
Acabamento a água	*D* 120 *B* 50 Rebolo diamantado	

Acabamento do ângulo de folga

a) Incline a mesa do conjunto do rebolo, para o ângulo recomendado pela tabela. Observe a figura seguinte, que mostra o rebolo de copo para o acabamento.

b) Encoste o topo da ferramenta de encontro ao rebolo. Movimente a ferramenta. Cuide para que a refrigeração caia sobre a ponta da ferramenta (fig. 3.35).

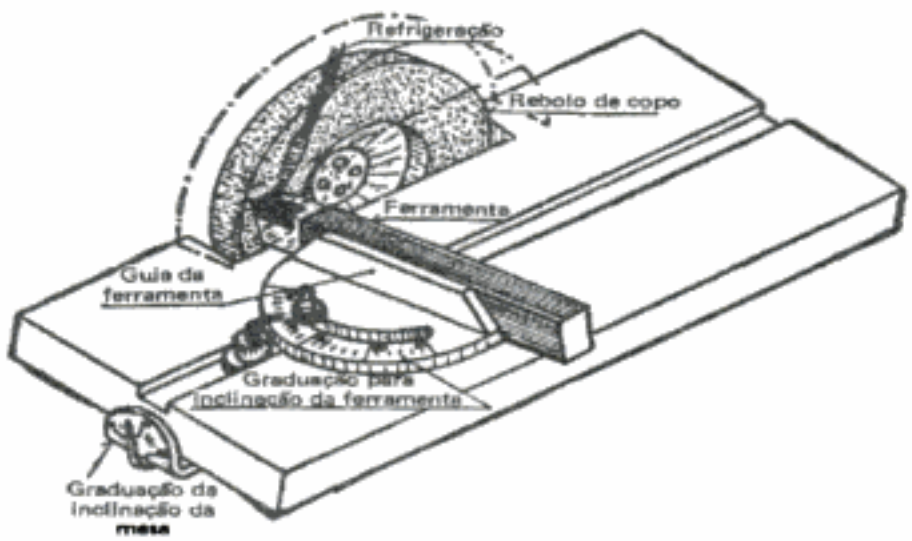


Fig. 3.35

c) Verifique, com um transferidor ou um gabarito, se o ângulo de folga saiu correto. Veja a figura (fig. 3.36).

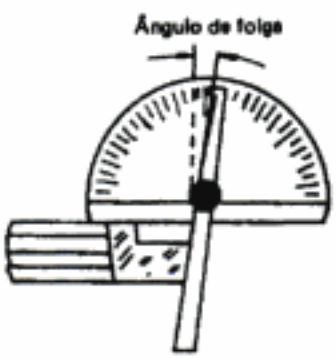


Fig. 3.36

Materiał chroniony prawem autorskim

Acabamento do ângulo de saída

a) Incline a mesa para o ângulo recomendado ou a própria guia do transferidor do próprio conjunto do rebolo.

b) Movimente a ferramenta.

c) Pare o rebolo, e proceda da mesma forma, mas com o rebolo rodando com rotação contrária, se tiver.

d) Feito o ângulo de saída e de folga, automaticamente a ferramenta já tem o ângulo de cunha, isto é, a ponta. Verificamos esse ângulo com o transferidor de oficina, ou com o verificador, como mostra a figura 3.37.

Observações: Se a ferramenta exigir outros ângulos como o de rendimento (fig. 3.9, 3.10 e 3.11), ou os ângulos para a abertura de rosca, proceda da forma explicada acima.

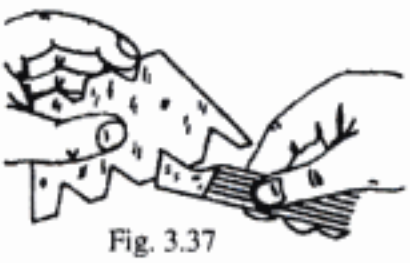


Fig. 3.37

Formação do quebra-cavaco

a) Observe as recomendações sobre o quebra-cavaco dado a seguir (figura 3.42 e tabela 3.7).

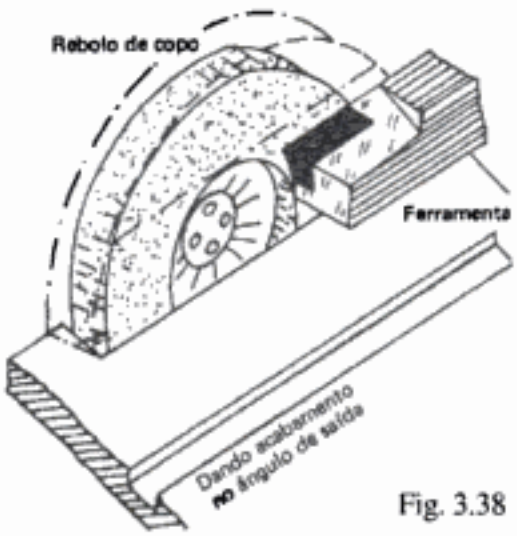


Fig. 3.38

Arredondamento da ponta

a) Verifique no quadro a seguir qual o raio recomendado.

b) Assente de leve a ponta da ferramenta sobre o rebolo, oscilando (fig. 3.39).

Recomendações para o raio da ponta:

Profundidade de corte (mm)	Raio da Ponta em mm
de 1 a 5 mm	0,8 mm (1/32")
de 5 a 10 mm	1,2 mm (3/64")
de 10 a 15 mm	1,4 mm (1/18")
de 15 a 20 mm	1,6 mm (1/16")
de 20 a 25 mm	2,0 mm (5/64")
de 25 a 30 mm	2,5 mm (3/32")

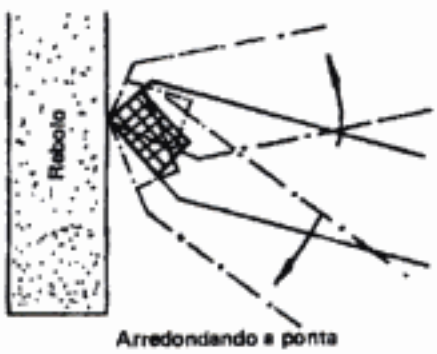


Fig. 3.39

Material chroniony prawem autorskim

Afiação do gume da ferramenta

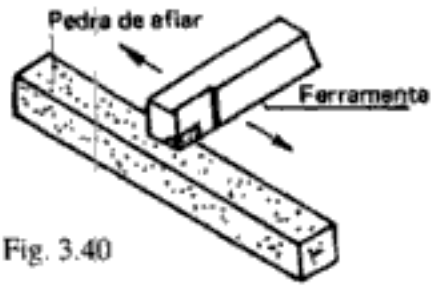


Fig. 3.40

a) Use rebolo diamantado ou pedra de afiar.

b) Friccione as partes cortantes ou gume da ferramenta alternadamente de um lado e do outro sobre a pedra de afiar lubrificada com óleo (fig. 3.40).

Como fazer o quebra-cavaco

Já vimos que a penetração da ferramenta de torno na peça que gira, produz uma fita de material, às vezes contínua, às vezes quebradiça, que nas oficinas generalizou-se chamar de cavaco.

Verificou-se que a saída contínua desse cavaco ocasiona um atrito ou desgaste, que consome parte do trabalho útil do torno ou da ferramenta e acidentes de trabalho.

Concluiu-se com isso que um "degrauzinho" na ponta da ferramenta para romper ou quebrar a fita contínua, ou cavaco, evitaria muitos dos inconvenientes acima citados, facilitando a saída do material com menor prejuízo de perda.

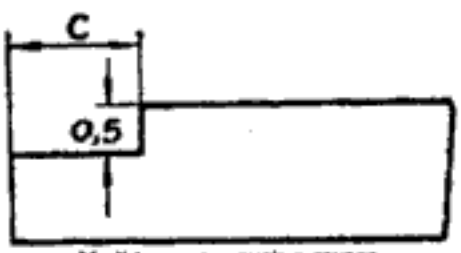
A tabela 3.7 nos dá uma orientação para construção desse "quebra-cavaco" que varia em comprimento conforme a profundidade de corte e o avanço da ferramenta em mm.


Esta distância não deve ser maior do que a espessura total da ferramenta, para evitar vibração
Porta-ferramenta
Espessura da ferramenta
Fig. 3.41

Tabela 3.7

Profundidade de corte	Avanço em mm				
	0,2 a 0,32	0,33 a 0,45	0,46 a 0,58	0,59 a 0,71	0,72 a 0,85
	Comprimento *c* do quebra-cavaco em mm				
0,4 a 1,4	1,5	2	2,2	2,5	3,2
1,5 a 6	2,2	3,2	4	4,3	5
6,1 a 13	3,2	4	5	5,3	5,5
13,1 a 20	4	5	5,5	5,8	6,0

Material chroniony prawem autorskim



Medidas para o quebra-cavaco

Fig. 3.42

Atenção — Para fazer o quebra-cavaco, use o rebolo de diamante 80 a 180 rpm, com 5 mm de largura, lubrificado com uma solução de óleo preparado com 6 partes de água e 1 de óleo.

Recomendações de rebolos para afiação de ferramentas

Afiação de brocas a mão	*Especificações dos Rebolos*
Brocas pequenas	*A* 80 *M* 5 *V*
Brocas grandes	*A* 46 *M* 8 *V*
Afiação de brocas a máquina	
Brocas grandes	*A* 60 *J* 8 *V*
Brocas pequenas	*A* 80 *J* 8 *V*
Afiação de brocas a máquina	
Fresas de aço rápido	38 *A* 60 *L* 5 *V* rebolo plano
Fresas de metal duro	*D* 100 *N* 100 *B* 1/16
Desbaste	*D* 100 *N* 100 *B* 1/16
Acabamento	*D* 180 *N* 100 *B* 1/16
Dentes das brocas	38 *A* 60 *M* 6 *V*

Materiał chroniony prawem autorskim

Ferramentas para os tornos semi-automáticos

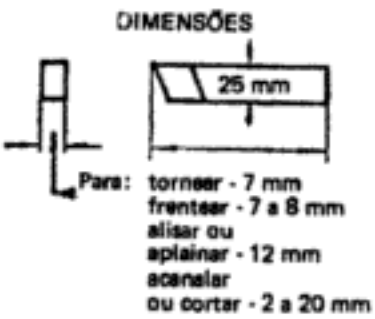


Fig. 3.43

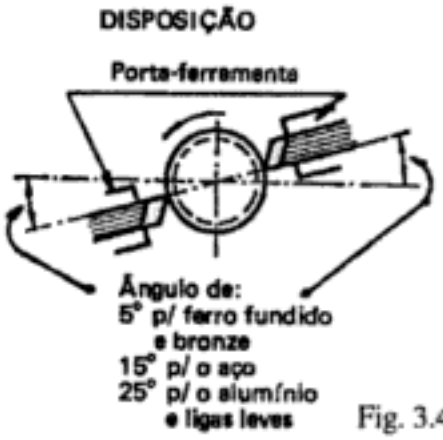


Fig. 3.44

Ferramentas múltiplas

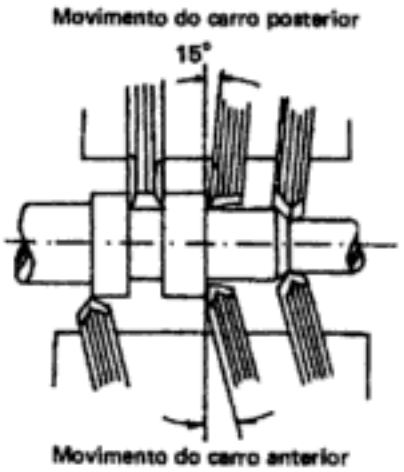
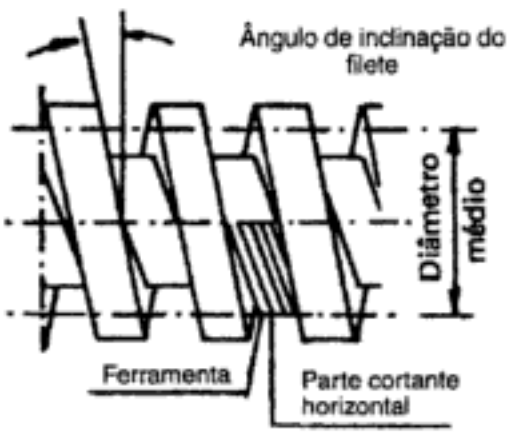


Fig. 3.45

Abertura de rosca quadrada à direita

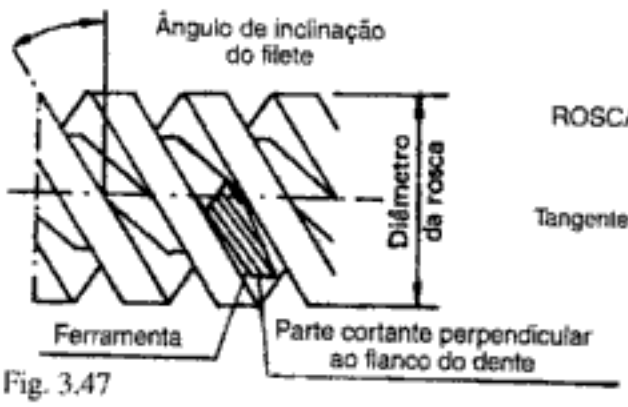


ROSCA DE PEQUENOS AVANÇOS

$$\text{Tangente} = \frac{\text{Passo} \times \text{Nº de entradas}}{\text{Diâmetro médio da rosca} \times 3{,}14}$$

Fig. 3.46

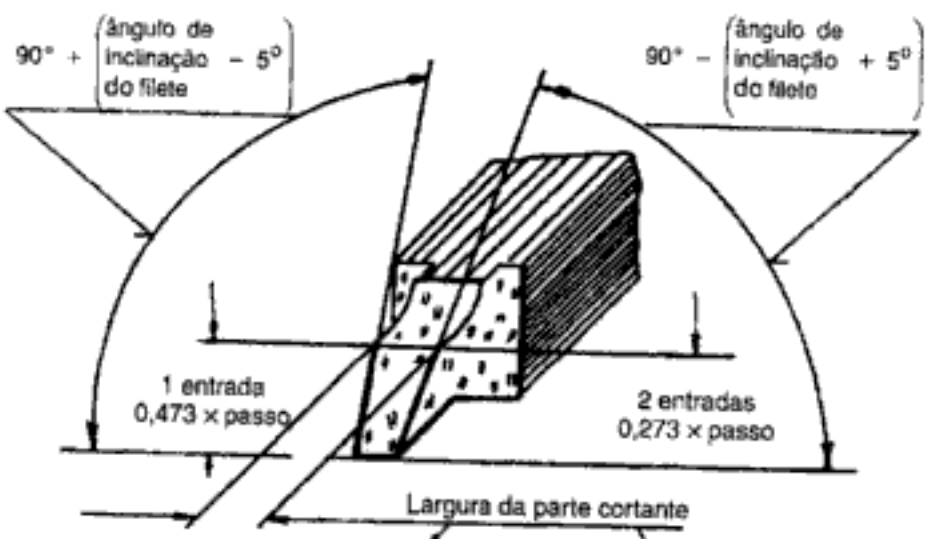
Material chroniony prawem autorskim



ROSCA DE GRANDES AVANÇOS

$$\text{Tangente} = \frac{\text{Passo} \times \text{Nº de entradas}}{\text{Diâmetro da rosca} \times 3{,}14}$$

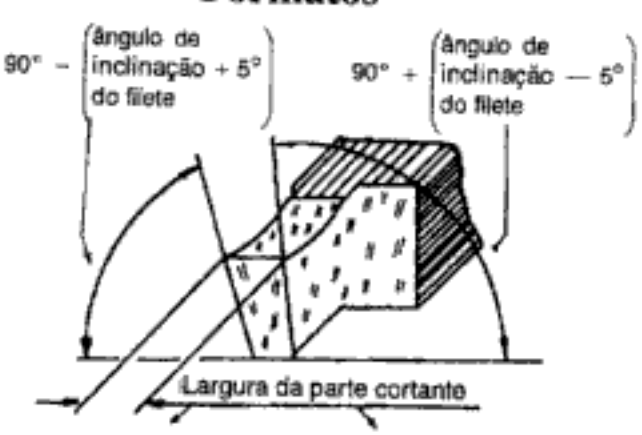
Fig. 3.47


90° + (ângulo de inclinação − 5° do filete)
90° − (ângulo de inclinação + 5° do filete)
1 entrada 0,473 × passo
2 entradas 0,273 × passo
Largura da parte cortante

ROSCA DE PEQUENO AVANÇO	ROSCA DE GRANDE AVANÇO
$\frac{\text{Passo}}{2}$	$\frac{\text{Passo}}{2}$ × co-seno do ângulo do filete da rosca

Fig. 3.48

Formatos



ROSCA DE PEQUENO AVANÇO	ROSCA DE GRANDE AVANÇO
$\frac{\text{Passo}}{2}$ + 0,05 mm	$\frac{\text{Passo}}{2}$ × co-seno do ângulo do filete da rosca

Fig. 3.49

Materiał chroniony prawem autorskim

Ferramenta para abertura de rosca trapezoidal por penetração perpendicular

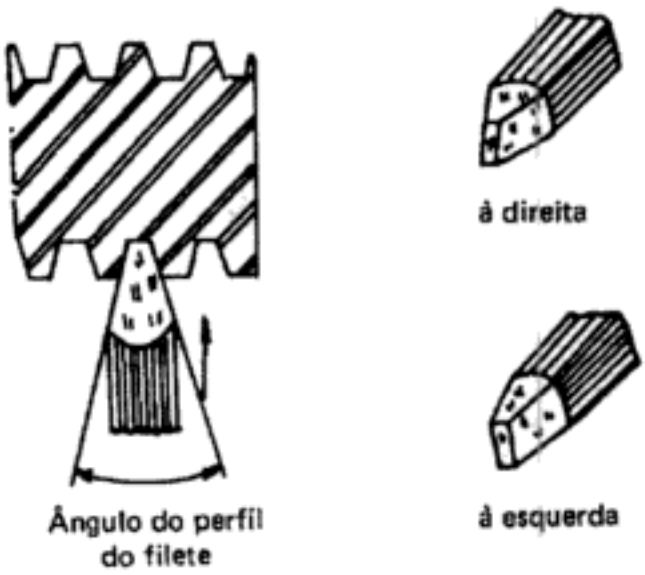
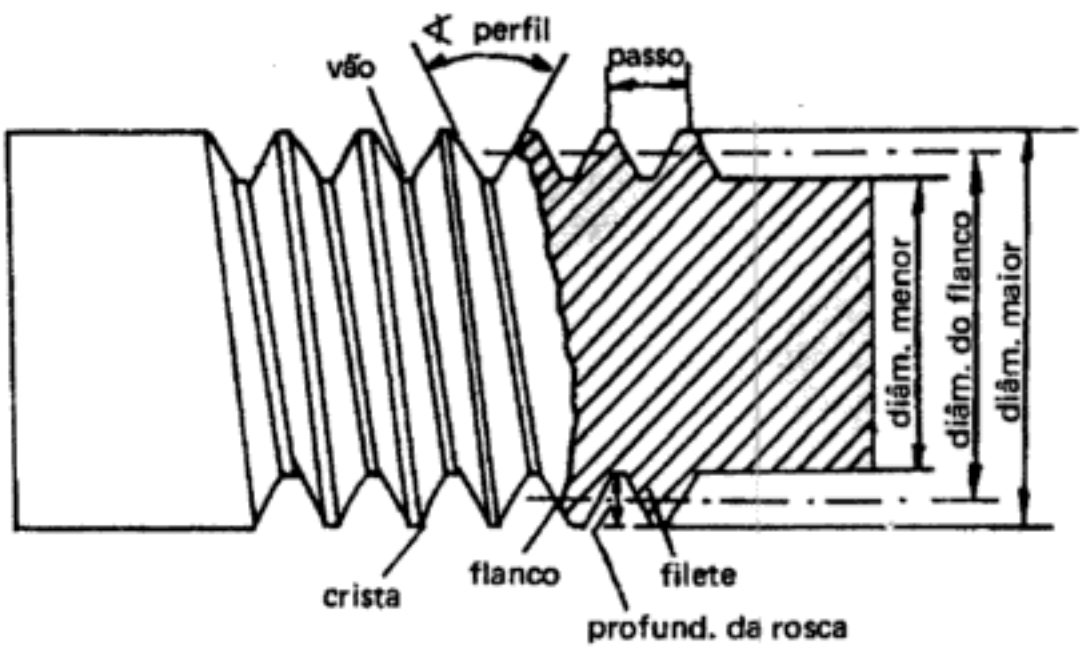


Fig. 3.50

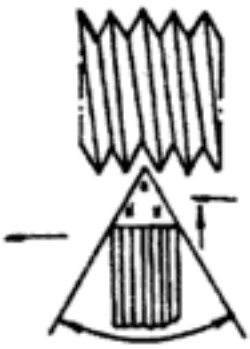


O diâmetro maior chama-se também diâmetro externo.
O diâmetro médio chama-se também diâmetro do flanco.

Fig. 3.51

Materiał chroniony prawem autorskim

Ferramenta para abertura de rosca triangular



Ângulo do perfil do filete
Para rosca Whithworth = 55°
Para rosca Internacional = 60°



Profundidade do filete
W = passo X 0,6403
I = passo X 0;703

Fig. 3.52

Largura do gume da ferramenta, para abrir rosca trapezoidal métrica

$$\text{Largura do gume} = \frac{\text{Passo da rosca}}{2} - \left[\left(\text{Diâm. médio} - \text{Diâm. do núcleo}\right) \times 0{,}27\right]$$

Ex.: Determinar a largura do gume de uma ferramenta para abrir rosca trapezoidal métrica de 6 mm de passo, 27 mm de diâmetro médio e 23,5 de diâmetro do núcleo.

EXECUÇÃO

1) Larg. do gume $= \frac{6}{2} - [(27\text{ mm} - 23{,}5\text{ mm}) \times 0{,}27]$

2) Larg. do gume $= \frac{6}{2} - [3{,}5 \times 0{,}27]$

3) Larg. do gume $= 3 - [3{,}5 \times 0{,}27]$

4) Larg. do gume $= 3 - 0{,}945$

5) Larg. do gume $= 3 - 0{,}945\text{ mm} = 2{,}055$

Material chroniony prawem autorskim

EXPLICAÇÃO

1) Substituindo na fórmula anterior os dados pelos números.
2) Primeiro executamos a operação de dentro dos parênteses, isto é, 27 mm menos 23,5 mm. Temos, então, 3,5 mm.
3) Fazemos a divisão de 6 por 2. Temos 3.
4) Multiplicando 3,5 mm por 0,27 mm, temos 0,945 mm.
5) Subtraindo 0,945 mm de 3, temos 2,055 mm.

Resposta: O gume da ferramenta deve ter 2,055. Podemos ainda arredondar para 2,06 mm.

Largura do gume da ferramenta (em polegadas) para abrir rosca trapezoidal "ACME"

$$\text{Largura do gume} = \frac{\text{Passo da rosca}}{2} - \left[\left(\text{Diâm. médio} - \text{Diâm. do núcleo}\right) \times 0{,}25862\right]$$

A execução deste cálculo é semelhante ao exemplo anterior.

1º) fazem-se as operações de dentro dos parênteses (subtração dos diâmetros).

2º) multiplica-se o resultado pela constante (0,25...).

3º) divide-se o passo da rosca por 2 e do resultado se subtrai o que se achou anteriormente.

Cálculo da rosca trapezoidal métrica de 30°

$$\text{Largura do gume} = \frac{\text{Passo da rosca}}{2} - \left[\left(\text{Diâm. médio} - \text{Diâm. do núcleo}\right) \times 0{,}27\right]$$

Observação: O diâmetro médio é conhecido também como diâmetro do flanco. (Ver fig. 3.51.)

A seguir damos o cálculo da largura da ponta da ferramenta para abrir rosca módulo (sem-fim).

Materiał chroniony prawem autorskim

Largura da ferramenta para abrir rosca sem-fim (rosca módulo)

Para abrir uma rosca sem-fim de módulo 3, qual a largura a ser usada à ferramenta?

$$1.\ \text{Largura da ponta da ferramenta} = \frac{\text{módulo} \times 3{,}14}{2} - (7 \times \text{módulo} \times 0{,}09)$$

1. Fórmula

$$2.\ \text{Largura da ponta da ferramenta} = \frac{3 \times 3{,}14}{2} - (7 \times 3 \times 0{,}09)$$

2. Mudando os dados pelos números

3. Largura = 4,71 - (1,89)

3. Executando as primeiras operações

4. Largura = 2,82 mm.

No caso de rosca sem-fim do tipo inglês ("Diametral Pitch") o cálculo será:

$$\text{Largura da ponta da ferramenta} = \frac{0{,}9729}{\text{Diâmetro primitivo da rosca em polegada}}$$

Observar que na fórmula acima as dimensões são dadas em polegadas.

A tabela seguinte já indica as larguras das pontas das ferramentas conforme os módulos das roscas.

Tabela 3.8

Módulos								
1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	3	3,5
0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,11	2,35	2,82	3,29
Largura da ponta da ferramenta								

Exemplo de cálculo da largura do gume da ferramenta para a abertura da rosca sem-fim "Diametral Pitch" 12.

Materiał chroniony prawem autorskim

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
$\text{Larg.do gume} = \frac{0{,}9729}{\text{"Diametral Pitch"}} = \frac{0{,}9729}{12}$	Substituindo os dados pelos números
$\text{Larg.do gume} = \frac{0{,}9729}{12} = 0{,}08107"$	Dividindo 0,9729 por 12 temos 0,08107" (polegadas).

Para outras ferramentas de roscas ver figs. 3.48, 3.49 e 3.52.

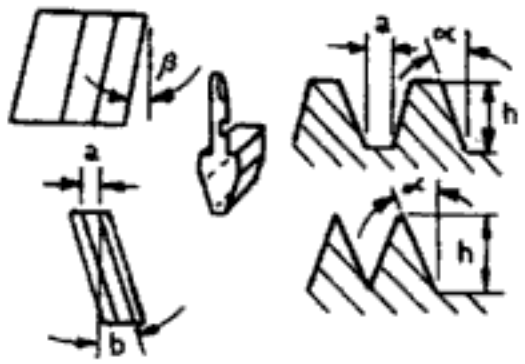


Fig. 3.53

α = Metade do ângulo do filete
h = Altura do filete
a = Altura da ferramenta normal à hélice
b = Altura da ferramenta sobre a geratriz da rosca
De = Diâmetro exterior da rosca
β = Ângulo de saída
θ = Inclinação dos filetes da rosca
Y = Ângulo da fresa que vai fresar a ferramenta, correspondente ao ângulo do perfil a ser dado à ferramenta no corte. Nas roscas sem-fim e ACME (roscas de passo rápido), os 2 flancos da ferramenta não terão a mesma inclinação.
$Y1$ = Flanco condutor — Nas roscas de passo à direita este será o flanco da cota do esquema fixado.
$Y2$ = Flanco oposto que no mesmo caso será aquele da cota do esquema móvel.
Para o cálculo temos:

$$\text{Tangente do ângulo}\theta = \frac{\text{Passo da Rosca}}{3{,}1416\,(De \times h)}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\text{Tangente do ângulo } Y = \frac{\cos \text{ do ângulo } \theta \pm (\text{cotg } \alpha \times \text{sen } \beta \times \text{sen } \theta)}{\text{cotg } \alpha \times \cos \beta}$$

ATENÇÃO: *Y*1, adote o sinal + .
*Y*2, adote o sinal – .

No caso de filete a 60° temos: $Y = \frac{\text{tangente do ângulo}}{\cos \beta}$

EXEMPLO: Rosca 60°, ângulo β = 15°. Achar o ângulo da fresa para fresar *a* ferramenta.

$$Y \text{ ou ângulo da fresa} = \frac{\text{tangente ângulo } \alpha}{\text{co-seno ângulo } \beta} = \frac{\alpha = 1/2 \text{ ângulo rosca}}{\text{co-seno } \beta} = \frac{\tan 30°}{\cos 15°}$$

= 0,59770. Consultando-se a tabela de tangente, temos 30°52'. Para fresar esta ferramenta, fresa = 2 × 30°52' = 61°44'.

Para roscas ACME, que têm filetes a 29° sendo o ângulo β = 15°, temos:

$$\text{tangente do ângulo } Y = \frac{\text{co-seno do ângulo } \theta \pm \text{seno do ângulo } \theta}{3{,}735}$$

Para *a*
temos $b - b = a \times$ co-seno θ

Conforme a fig. 3.54, temos:

h Altura do filete da rosca.
α Ângulo de inclinação do filete da rosca.
θ Ângulo lateral do filete, em corte normal ou perpendicular ao filete da rosca.
β Ângulo lateral do filete em corte axial ou em projeção horizontal.

Material chroniony prawem autorskim

Filete de uma rosca sem-fim, projetado sobre um plano horizontal.



Fig. 3.54

Para calcular, temos:

Tangente do ângulo $\frac{X}{h}$

Tangente do ângulo $\frac{Y}{h}$

$X = h \times$ Tangente do ângulo $\theta = Y \times$ co-seno do ângulo

$Y = h \times$ Tangente do ângulo $\beta = \frac{X}{\text{Co-seno do ângulo}}$

Velocidade de corte para torno

Da velocidade adequada depende o rendimento, a produtividade e a duração da ferramenta.

Observe as seguintes regras:

1º) *Material a ser torneado*
Material duro — velocidade menor
Material macio — velocidade maior

2º) *Material de ferramenta*
Ferramenta de pastilha de carboneto — velocidade maior
Ferramenta de aço rápido — velocidade menor

3º) *Tipo de operação*
Desbastar — velocidade menor
Acabar — velocidade maior

4º) *Diâmetro da peça*
Peça de diâmetro grande — menor rotação
Peça de diâmetro pequeno — maior rotação

A informação acima serve como regra geral, mas para um trabalho de acordo com a técnica, é preciso consultar uma tabela que indique a velocidade adequada.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.9

Orientação para velocidade de corte para torno — 1

Em m/min — Avanço em mm/rpm

MATERIAL A SER USINADO		FERRAMENTAS DE AÇO-CARBONO				
AÇOS	Resistência à tração kg/mm2	Desbastar	Acabar	Alargar	Filetear	Avanço mm/Rpm
Aço macio	30 a 40	12	20	9 a 11	7 a 10	0,1 a 0,3
Aço média dureza	50 a 70	10	15	8 a 10	6 a 8	0,1 a 0,3
Aço duro	80 a 90	8	12	7	5	0,1 a 0,2
Aço extraduro	140 a 180					
Aço fundido	30 a 50	10	2	7	5	0,8 a 1,5
Aços especiais						
Aço p. ferramentas	150 a 180					
Aço inoxidável	60 a 70					
Aço-cromo	70 a 85					
Aço-cromo	85 a 100					
Aço-cromo-vanádio	100					
Aço-níquel-cromo	80 a 95					
Aço-níquel						
Aço-molibdênio	140 a 160					
Aço-manganês 12%						
Ferro fundido						
Ferro fundido maleável		11	15	9	6	0,1 a 0,3
Ferro fundido 180 Brinell		7	14	8	6	0,1 a 0,3
Ferro fundido dur. média 180 a 250		6	10	7	6	0,1 a 0,2
Ferro fundido duro 250 a 400 Br.						
Ferro fundido extraduro		5	7	5	4	0,008 a 1,5
Cobre e ligas						
Cobre		22	30	25	18	0,1 a 0,3
Cobre e mica (Coletores)		18	25	24	24	0,1 a 0,3
Cobre vermelho		24	35	28	20	0,1 a 0,4
Latão macio		24	40	28	20	0,1 a 0,3
Latão duro		20	32	18	15	0,1 a 0,3
Bronze macio		18	26	15	10	0,1 a 0,3
Bronze duro		12	20	10	8	0,1 a 0,3
Bronze naval		25	35			0,1 a 0,3
Bronze fosforoso		12	20			0,1 a 0,3
Ligas e metais leves						
Alumínio		80	100	90	60	0,1 a 1,0
Duralumínio		70	90	70	50	0,1 a 1,0
Alpaca		35	40			0,1 a 1,0
Magnésio e ligas		90	100			0,1 a 1,0
Metais especiais						
Metal Monel (Constr. Naval)		8	12			
Prata alemã (Metal branco)		25	35			
Níquel		25	35			
Zinco		35	40			
Plásticos						
Ebonite (Isolante elétrico)						
Baquelite (Isolante elétrico)						
Celulóide						
Vidro plástico ("plexiglass") (acrílico)						
Fibra						
Materiais diversos						
Vidro						
Porcelana						
Mármore						
Granito						
Materiais modernos		Média				
Metal Monel R		18 a 20				
Metal Monel K (ind. naval)		10 a 12				
Metal Monel S		4 a 4,5				
Metal Monel KR		13				
Inconel		11 a 16				
"Hastelloy" A B e C		5 a 10				
Aço moldado nodular 300 a 320 B		30 a 60				
Ligas de magnésio (ind. aeronáutica)		130				
Aço-manganês						
(baixo % C) "Cold drawn"		18 a 20				
médio % C baixo % Mn		17 a 18				
alto % C "Hot-rolled"		12 a 13				
Titânio						

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.9

Orientação para velocidade de corte para torno — 2

Em m/min — Avanço em mm/rpm

MATERIAL A SER USINADO		FERRAMENTAS DE AÇO RÁPIDO				
AÇOS	Resistência à tração kg/mm2	Desbastar	Acabar	Alargar	Filetear	Avanço
Aço macio	30 a 40	25	30	20	16	0,8 a 3,0
Aço média dureza	50 a 70	20	24	18	12	0,8 a 5,0
Aço duro	80 a 90	11	14	12	8	0,5 a 4,0
Aço extraduro	140 a 180	8	10	8	6	0,5 a 4,0
Aço fundido	30 a 50	14	16	9		0,8 a 6,0
Aços especiais						
Aço p. ferramentas	150 a 180	10	15	8	6	
Aço inoxidável	60 a 70					
Aço-cromo	70 a 85					
Aço-cromo	85 a 100					
Aço-cromo-vanádio	100					
Aço-níquel-cromo	80 a 95					
Aço-níquel						
Aço-molibdênio	140 a 160					
Aço-manganês 12%						
Ferro fundido						
Ferro fundido maleável		14 a 18	12 a 25	10 a 15	8 a 12	0,8 a 5,0
Ferro fundido 160 Brinel		18	20	10	8	0,8 a 5,0
Ferro fundido dur. média 180 a 250		16	18	9	7	0,5 a 5,0
Ferro fundido duro 250 a 400 Br.		12	15	8	6	0,5 a 4,0
Ferro Fundido extra duro		8	15	10	6	0,5 a 1,5
Cobre e ligas						
Cobre		30 a 50	30 a 70	20 a 30	15 a 25	0,5 a 3,0
Cobre e mica (Coletores)		20 a 25	25 a 30			0,5 a 3,0
Cobre vermelho		30 a 60	35 a 80	25 a 32	18 a 25	0,5 a 4,0
Latão macio		40 a 48	50 a 65	30 a 35	15 a 25	0,2 a 3,0
Latão duro		30 a 40	40 a 50	18 a 30	12 a 22	0,2 a 2,0
Bronze macio		18 a 25	30 a 35	15 a 20	9 a 12	0,2 a 3,0
Bronze duro		15 a 20	18 a 25	12 a 16	7 a 10	0,2 a 3,0
Bronze naval		40	50			
Bronze fosforoso		15 a 20	20 a 28			
Ligas e metais leves						
Alumínio		50 a 150	100 a 300	15 a 25	25 a 35	0,1 a 1,0
Duralumínio		130	170	120	100	0,1 a 1,0
Alpaca		35 a 40	40 a 48			
Magnésio e ligas		60 a 200	100 a 600			
Metais especiais						
Metal Monel (Constr. Naval)		10	15			
Prata alemã (Metal branco)		30	40			
Níquel		30	40			
Zinco		40	50			
Plásticos						
Ebonite (Isolante elétrico)						
Baquelite (Isolante elétrico)		25	40			
Celulóide		20	30			
Vidro plástico ("plexiglass") (acrílico)		20	30			
Fibra		20	30			
Materiais diversos						
Vidro						
Porcelana						
Mármore						
Granito						
Materiais modernos		Média				
Metal Monel R		35 a 40				
Metal Monel K (ind. naval)		19 a 21				
Metal Monel S		8 a 9				
Metal Monel KR		27				
Inconel		22 a 32				
"Hastelloy" A B e C		10 a 20				
Aço moldado nodular 300 a 320 B		60 a 120				
Ligas de magnésio (ind. aeronáutica)		270				
Aço manganês						
(baixo % C) "Cold drawn"		38 a 40				
médio % C baixo % Mn		34 a 38				
alto % C "Hot-rolled"		22 a 25				
Titânio						

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.9

Orientação para velocidade de corte para torno — 3

Em m/min — Avanço em mm/rpm

MATERIAL A SER USINADO		FERRAMENTAS DE METAL DURO		
AÇOS	Resistência à tração kg/mm2	Desbastar	Acabar	Avanço
Aço macio	30 a 40	200 a 300	300 a 400	0,5 a 1,8
Aço média dureza	50 a 70	150 a 200	200 a 300	0,5 a 1,5
Aço duro	80 a 90	140 a 160	160 a 200	0,5 a 1,5
Aço extraduro	140 a 180	30 a 50	50 a 70	0,5 a 1,5
Aço fundido	30 a 50	90 a 120	100 a 140	0,5 a 1,0
Aços especiais				
Aço p. ferramentas	150 a 180	30 a 50	50 a 65	0,1 a 1,2
Aço inoxidável	60 a 70	70 a 90	90 a 120	
Aço-cromo	70 a 85	100 a 140	140 a 160	
Aço-cromo	85 a 100	80 a 100	100 a 140	
Aço-cromo-vanádio	100	50 a 70	70 a 100	
Aço-níquel-cromo	80 a 95	70 a 90	90 a 120	
Aço-níquel		70 a 90	90 a 100	
Aço-molibdênio	140 a 160	50 a 60	60 a 90	
Aço-manganês 12%		15 a 35	35 a 45	
Ferro fundido				
Ferro fundido maleável		60 a 75	75 a 95	0,12 a 1,5
Ferro fundido 180 Brinell		60 a 95	100 a 140	0,1 a 1,2
Ferro fundido dur. média 180 a 250		45 a 75	75 a 110	0,1 a 1,0
Ferro fundido duro 250 a 400 Br.		35 a 55	55 a 75	0,1 a 0,8
		10 a 15	15 a 25	0,1 a 0,7
Cobre e ligas				
Cobre		320 a 370	370 a 560	até 1,5
Cobre e mica (Coletores)		260 a 360	360 a 450	" 1,0
Cobre vermelho		350 a 550	550 a 650	" 1,5
Latão macio		300 a 450	450 a 550	" 1,0
Latão duro		200 a 300	300 a 400	" 1,0
Bronze macio		300 a 350	280 a 380	" 1,0
Bronze duro		150 a 200	200 a 300	" 1,0
Bronze naval		60 a 90	80 a 120	" 1,0
Bronze fosforoso		30 a 65	60 a 80	" 1,0
Ligas e metais leves				
Alumínio		800 a 1300	1300 a 1800	" 2,0
Duralumínio		200 a 300	300 a 400	" 1,0
Alpaca		100 a 180	180 a 240	
Magnésio e ligas		100 a 300	300 a 1500	
Metais especiais				
Metal Monel (Constr. Naval)		30 a 50	50 a 60	
Prata alemã (Metal branco)		40 a 55	50 a 70	
Níquel		40 a 60	60 a 80	
Zinco		50 a 70	60 a 80	
Plásticos				
Ebonite (Isolante elétrico)		150 a 250	250 a 350	
Baquelite (Isolante elétrico)		80 a 160	160 a 250	
Celulóide		80 a 150	150 a 250	
Vidro plástico ("plexiglass") (acrílico)		60 a 100	100 a 150	
Fibra		150 a 200	200 a 300	
Materiais diversos				
Vidro		40 a 70	70 a 100	
Porcelana		7 a 22	12 a 25	
Mármore		20 a 32	32 a 40	
Granito		3a 5	3 a 10	
Materiais modernos		Média		
Metal Monel R		90 a 95		
Metal Monel K (ind. naval)		50 a 52		
Metal Monel S		19 a 22		
Metal Monel KR		65 a 70		
Inconel		55 a 80		
"Hastelloy" A B e C		27 a 50		
Aço moldado nodular 300 a 320 B		150 a 300		
Ligas de magnésio (ind. aeronáutica)		750		
Aço manganês				
(baixo % C) "Cold drawn"		98 a 100		
médio % C baixo % Mn		85 a 95		
alto % C "Hot-rolled"		55 a 65		
Titânio		40 a 60 (K10)	(K 20)	A = 0,1

Material chroniony prawem autorskim

Como saber a aproximação DP colar micrométrico

O colar micrométrico controla movimentos do suporte transversal e da esfera no torno.

Para se achar a aproximação que o colar micrométrico dá em cada divisão, dividimos o passo do fuso do torno pelo número de divisões que o colar micrométrico tem.

Assim:

$$\text{Aproximação do colar micrométrico} = \frac{\text{Passo do fuso do torno}}{\text{Nº de divisões do colar micrométrico}}$$

Exemplo: Passo do fuso = 4mm. Nº de divisões do colar = 40

$\frac{4\text{ mm}}{40}$ = 0,1 mm de deslocamento em cada divisão. Uma volta completa do colar significa 4 mm de deslocamento.



Fig. 3.55 — Colar micrométrico

Nas máquinas em polegada, o colar micrométrico indica em milésimos de polegada. Divide-se o valor do fuso em polegada pelo nº de divisões do colar. Exemplo: Fuso 8 fios por polegada, isto é, 1/8" de passo. Transformando 1/8" em fração decimal, temos 1 ÷ 8 = 0,125". Nº de divisões do colar = 125. Para achar o deslocamento em cada divisão, temos:

$$\frac{\text{Passo do fuso em polegada}}{\text{Nº de divisões do colar}} = \frac{0{,}125''}{125} = 0{,}001'' = \text{1 milésimo de polegada}$$

Como fazer a regulagem das máquinas operatrizes conforme a velocidade de corte certa, dada pelo cálculo

Vimos anteriormente como se calcula e como se acha na tabela a velocidade correta de corte. Mas como as máquinas operatrizes em sua maior parte são reguladas pela rotação por minuto, e não pela velocidade em *m/min*, torna-se necessário saber transformar velocidade de corte em metros por minuto, para rotações por minuto (Rpm). Isto se pode fazer por meio de tabelas ou por cálculos. Feita a conversão de velocidade de corte (*Vc*) para Rpm, pode-se regular a rotação da máquina.

Materiał chroniony prawem autorskim

Vejamos agora como se faz essa conversão de velocidade de corte para Rpm.

Como se faz a conversão de velocidade de corte em metros por minuto (m/min) para rotações por minuto (RPM)

Seja o 1º exemplo, achado na tabela em operação de desbastar peças de bronze macio, de 40 mm de diâmetro, com ferramentas de aço rápido.

Achamos de 18 a 25 m/min. Adotando o meio termo, 20 m/min, temos:

ROTAÇÕES POR MINUTO (Rpm)

$$\text{Rpm} = \frac{Vc \times 320}{D}$$

Sendo Rpm = rotações por minuto, da peça
Vc = velocidade de corte em m/min
D = diâmetro da peça em mm
320 = uma constante

Nas fórmulas é comum aparecerem números chamados constantes e cujo desempenho é tornar possível o cálculo. Acima temos um exemplo.

Seja o exemplo acima da peça de bronze macio de 40 mm de diâmetro, usando ferramenta de aço rápido, em que adotamos a velocidade de corte de 20 m/min. Para regularmos a máquina precisamos transformar esta velocidade para Rpm.

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $\text{Rpm} = \frac{\text{Vc} \times 320}{\text{D}}$	1) Fórmula.
2) $\text{Rpm} = \frac{20 \times 320}{40}$	2) Substituindo as letras da fórmula por números.
3) $\text{Rpm} = \frac{6.400}{40}$	3) Multiplicando 20 por 320, temos 6.400.
4) $\text{Rpm} = \frac{6.400}{40} = 160$	4) O traço entre dois números significa divisão, no caso, entre 6.400 e 40. Efetuada a divisão, temos 160.
5) Rpm = 160	5) 160 é o número em Rpm que corresponde à velocidade de corte 20 m/min

Material chroniony prawem autorskim

Na transformação exposta, não há necessidade de continuar a divisão. Podemos até arredondar os números achados, já que as máquinas não possuem regulagem para todo e qualquer número de Rpm (rotações). Assim, no exemplo acima, não tendo a máquina regulagem para 160 Rpm, adotamos 150, ou mesmo 180, isto é, o número mais próximo.

Outro exemplo: Seja acabar peças de **aço fundido** de 30 mm de diâmetro, com **ferramenta de aço rápido.**

Consultando-se a tabela de velocidade (já explicada) achamos para o material acima, a velocidade de 16 m/min.

Para transformarmos 16 metros por minuto em rotações por minuto (para daí podermos regular a máquina), temos:

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $\text{Rpm} = \frac{\text{Veloc. de corte} \times 320}{\text{Diâmetro}}$	1) Fórmula.
2) $\text{Rpm} = \frac{16 \times 320}{30}$	2) Substituindo as letras da fórmula por números.
3) $\text{Rpm} = \frac{5.120}{30}$	3) Multiplicando 16 por 320, temos 5.120.
4) $\text{Rpm} = \frac{5.120}{30} = 170$	4) Dividindo 5.120 por 30 (o traço entre os dois números significa divisão), temos 170.

5) 170 é o número (de Rpm) que corresponde à velocidade de 16 m/min. A regulagem da máquina operatriz, para alisar (acabar) peças de aço fundido de 30 mm de diâmetro com ferramenta de aço rápido, deverá ser de 170 Rpm. Se não encontrarmos esta regulagem, servimo-nos do número mais próximo, por exemplo 160, ou 180, ou mesmo 150 Rpm.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.10

Conversão de velocidade de corte (*Vc*) para rotações por minuto (Rpm)

Diâmetro da peça em mm	Velocidade de corte em metros por minuto Vc/m/min											
	4	5	6	7	8	9	10	12	15	18	20	22
3	425	530	637	743	850	955	1060	1273	1600	1900	2100	2300
4	318	398	477	557	636	706	796	955	1200	1500	1700	1751
5	254	318	382	445	509	573	636	764	955	1146	1273	1401
6	212	264	318	371	424	477	500	636	797	955	1059	1167
7	181	227	272	318	363	409	454	545	682	819	910	1001
8	159	197	239	279	318	358	397	478	594	716	795	876
9	141	177	212	248	283	318	354	425	530	637	708	778
10	127	159	191	223	254	287	318	382	477	573	636	701
11	116	145	174	203	232	260	289	347	434	521	579	637
12	106	130	159	186	212	238	265	318	397	477	530	583
13	98	122	146	171	196	220	245	294	367	441	489	539
14	91	114	136	159	182	205	227	273	341	409	455	500
15	84	106	127	148	169	190	210	254	318	382	424	466
16	79	99	119	139	159	178	198	238	298	358	397	437
17	74	93	112	131	149	168	187	224	280	337	374	411
18	70	88	105	123	141	159	176	212	265	318	353	389
19	67	83	100	117	134	150	167	201	251	301	335	368
20	63	79	95	111	127	143	159	191	238	286	318	350
21	60	75	90	106	121	136	151	181	227	272	303	333
22	57	72	86	101	115	130	144	173	217	260	289	318
23	55	69	83	96	110	124	138	166	207	249	276	304
24	53	66	79	92	106	119	132	159	198	238	265	291
25	50	63	76	89	101	114	127	152	190	229	254	280
26	48	61	73	85	97	110	122	146	183	220	244	269
27	47	58	70	82	94	106	117	141	176	212	235	259
28	45	56	68	79	91	102	113	136	170	204	227	250
29	43	54	65	76	87	98	109	131	164	197	219	241
30	42	53	63	74	84	95	106	127	159	190	212	233
32	39	48	58	68	78	87	97	117	146	175	195	214
35	36	45	54	63	72	81	90	109	136	163	181	199
37	33	42	50	59	67	76	84	101	127	152	169	186
40	31	39	46	55	63	71	79	95	119	143	159	175
42	30	37	45	52	60	67	75	90	112	135	150	165
45	28	35	42	49	56	63	70	84	106	127	141	155
47	26	33	40	47	53	60	66	80	100	120	134	142
50	25	31	38	44	50	57	63	76	95	114	127	140
52	24	30	36	42	48	54	60	72	91	109	121	133
55	23	28	34	40	46	52	57	69	86	104	115	127
57	22	27	33	38	44	49	55	66	83	99	110	122
60	21	26	31	37	42	47	53	63	79	95	106	116
65	19	24	29	34	39	43	48	58	73	87	97	107
70	18	22	27	31	36	40	45	54	68	81	90	100
75	16	21	25	29	33	38	42	50	63	76	84	93
80	15	19	23	27	31	35	39	47	59	71	79	87
85	15	18	22	26	30	33	37	45	56	67	75	82
90	14	17	21	24	28	31	35	42	53	64	70	77
95	13	16	20	23	26	30	33	40	50	60	67	71
100	12	15	19	22	25	28	31	38	47	57	63	70
105	12	15	18	21	24	27	30	36	45	54	60	66
110	11	14	17	20	23	26	28	34	43	52	57	63
115	11	13	16	19	22	24	27	33	41	49	55	61
120	10	13	15	18	21	23	26	31	39	47	53	58
125	10	12	15	17	20	22	25	30	38	45	50	56
130	9	12	14	17	19	21	24	29	36	43	48	53
135	9	11	14	16	18	21	23	28	35	42	47	51
140	9	11	13	15	18	20	22	27	34	40	45	50
145	8	10	13	15	17	19	21	26	32	39	43	48
150	8	10	12	14	16	19	21	25	31	38	42	46

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 3.10 (continuação)

Conversão de velocidade de corte (*Vc*) para rotações por minuto (Rpm)

Diâmetro da peça em mm	Velocidade de corte em metros por minuto Vc/m/min															
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
3	2600	3100	3715	4246	4777	5308	5839	6369	6900	7431	7962	8492	9023	9554	10085	10616
4	1990	2388	2787	3185	3583	3981	4379	4777	5175	5573	5971	6369	6767	7166	7564	7962
5	1592	1911	2229	2548	2866	3185	3503	3822	4140	4458	4777	5095	5414	5732	6051	6369
6	1325	1590	1855	2118	2385	2649	2915	3180	3445	3710	3975	4239	4505	4770	5035	5300
7	1137	1365	1592	1820	2047	2275	2502	2730	2957	3185	3412	3640	3867	4095	4322	4549
8	994	1192	1393	1592	1791	1990	2189	2388	2587	2787	2986	3185	3384	3583	3782	3981
9	885	1061	1238	1415	1592	1769	1946	2123	2300	2477	2654	2831	3008	3185	3362	3539
10	795	954	1114	1274	1433	1592	1751	1911	2070	2229	2388	2548	2707	2866	3025	3185
11	724	868	1013	1158	1303	1447	1592	1737	1882	2027	2171	2316	2461	2606	2750	2895
12	662	795	929	1061	1194	1327	1460	1592	1725	1858	1990	2123	2256	2388	2521	2654
13	612	735	857	980	1102	1225	1347	1470	1592	1715	1837	1960	2082	2205	2327	2450
14	569	682	796	910	1024	1137	1251	1365	1479	1592	1706	1820	1933	2047	2161	2275
15	530	636	752	848	954	1061	1167	1273	1379	1486	1592	1698	1804	1910	2016	2122
16	497	596	696	795	895	994	1098	1194	1298	1398	1498	1597	1697	1797	1997	1997
17	468	561	655	748	842	936	1029	1124	1217	1310	1404	1497	1591	1685	1778	1872
18	442	530	618	707	795	844	972	1054	1153	1241	1330	1419	1507	1596	1684	1773
19	418	502	586	670	753	837	921	1005	1089	1172	1256	1340	1424	1508	1591	1674
20	397	477	557	636	716	795	875	954	1037	1118	1197	1277	1356	1436	1515	1595
21	378	454	530	557	606	761	833	909	985	1063	1138	1214	1289	1365	1440	1516
22	361	434	506	578	651	727	795	868	940	1016	1088	1160	1232	1305	1377	1450
23	345	415	484	553	622	691	761	830	899	968	1038	1107	1176	1245	1314	1384
24	331	397	464	530	596	663	729	795	862	928	996	1062	1129	1195	1262	1328
25	318	381	445	509	572	636	700	763	827	891	954	1018	1082	1146	1210	1272
26	306	367	428	489	550	612	673	734	795	856	918	980	1042	1103	1165	1226
27	294	353	412	471	530	589	648	707	766	825	884	943	1002	1061	1120	1179
28	284	341	397	454	511	565	625	682	738	795	852	909	966	1024	1082	1138
29	274	328	384	438	493	548	603	658	713	768	823	877	932	987	1043	1098
30	265	318	371	424	477	530	583	636	689	742	795	848	901	954	985	1037
32	243	292	341	390	439	487	536	585	634	683	731	780	829	878	927	976
35	227	272	318	363	409	454	500	545	590	636	681	727	772	818	866	912
37	212	254	297	339	381	424	466	509	551	594	636	679	721	764	806	849
40	199	238	278	318	358	397	437	477	517	556	596	636	676	716	759	799
42	187	225	262	300	337	375	412	450	487	525	562	600	637	675	724	758
45	176	212	247	282	318	353	388	424	459	495	530	565	601	636	674	710
47	167	201	235	268	302	335	369	403	436	470	503	536	569	603	646	677
50	159	190	222	254	286	318	350	381	413	445	477	509	541	572	606	638
52	151	182	212	243	273	303	334	364	394	425	455	486	516	546	577	607
55	144	173	202	231	260	289	318	347	376	405	434	464	491	520	552	580
57	138	166	194	221	249	277	304	332	360	388	415	443	471	498	526	554
60	132	159	185	212	238	265	291	318	344	371	397	424	450	477	495	521
65	121	146	170	195	218	243	268	292	317	341	365	390	414	439	463	488
70	113	136	159	181	204	227	250	272	295	318	340	363	386	409	433	456
75	106	127	148	169	190	212	233	254	275	297	318	339	360	382	403	424
80	99	119	139	159	179	198	218	238	258	278	298	318	338	358	379	400
85	93	112	131	150	168	187	206	225	243	262	281	300	318	337	356	375
90	88	106	123	141	159	176	194	212	229	247	265	282	300	318	337	355
95	83	100	117	134	151	167	184	201	218	235	251	268	284	301	318	335
100	79	95	111	127	143	159	175	190	206	222	238	254	270	286	303	319
105	73	91	106	121	136	151	167	182	197	212	227	243	258	273	288	303
110	72	86	101	115	130	144	159	173	188	202	217	231	245	260	276	290
115	69	83	97	110	124	138	152	166	180	194	207	221	235	249	263	277
120	66	79	92	106	119	132	145	159	172	185	198	212	225	238	252	266
125	63	76	89	101	114	127	140	152	165	178	191	203	216	229	242	254
130	60	73	85	97	109	121	134	146	158	170	182	195	207	219	232	245
135	58	70	82	94	105	117	129	141	150	164	176	188	200	212	223	235
140	56	68	79	90	102	113	125	136	142	159	170	181	193	204	216	227
145	54	65	76	87	98	109	120	131	140	153	164	175	186	197	208	219
150	53	63	74	84	95	106	116	127	138	148	159	169	180	191	201	212

Materiał chroniony prawem autorskim

Como calcular a velocidade de corte no torno

Velocidade de corte em m/min

$$Vc = D \times \pi \times \text{Rpm}$$

Sendo: Vc = Velocidade de corte em m/min
D = Diâmetro da peça em mm
π = 3,14
Rpm = Número de rotações da peça por minuto

Que velocidade de corte tem uma peça de 128 mm de diâmetro e que dá 100 rpm?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $Vc = D \times \pi \times \text{Rpm}$	1) Fórmula.
2) $Vc = 128\ \text{mm} \times 3{,}14 \times 100$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) $Vc = 401{,}92 \times 100$	3) Multiplicando 128 mm por 3,14, temos 401,92 mm.
4) $Vc = 40192$ mm/min	4) Multiplicando o resultado anterior por 100, conforme a fórmula, temos 40192 mm.
5) $Vc = 40{,}192$ m/min	5) Para transformarmos 40192 mm para metros, basta dividirmos esse número por 1000, levando a vírgula três casas à esquerda.

6) Temos, então, 40,192 m/min a velocidade de corte.

2º *Exemplo:* Que velocidade de corte tem uma peça que dá 84 Rpm tendo 150 mm de diâmetro?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $Vc = D \times \pi \times \text{Rpm}$	1) Fórmula.
2) $Vc = 150\ \text{mm} \times 3{,}14 \times 84$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.

Material chroniony prawem autorskim

3) $Vc = 471 \times 84$	3) Multiplicando 150 mm por 3,14, temos 471 mm.
4) $Vc = 471 \times 84 = 39564$ mm/min	4) Multiplicando por 84, temos 39564 mm/min.
5) $Vc = 39{,}564$ m/min	5) Para transformarmos 39564 mm/min para metros por minuto, basta mudarmos a vírgula três casas à esquerda.

6) Temos, então, 39,564 m/min a velocidade de corte.

Como calcular o avanço da ferramenta por minuto

Para esse cálculo precisamos ter dois dados:

1) O número de rotações por minuto da peça (Rpm) (que vimos no cálculo anterior).
2) O avanço que a ferramenta faz em cada rotação da peça.

Assim:

$$\boxed{A = a \times Rpm}$$

Sendo:

A = avanço da ferramenta por minuto
Rpm = número de rotações da peça por minuto
a = avanço que a ferramenta faz em cada rotação

Ex.: Qual o avanço A da ferramenta por minuto, se, em cada volta, ela avança 1 mm (a) e a peça dá 120 rotações por minuto (Rpm)?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $A = a \times Rpm$	1) Fórmula.
2) $A = 1 \times 120$	2) Substituindo as letras pelos números.
3) $A = 120$	3) Multiplicando 1 por 120, temos 120.

4) A ferramenta fará um avanço de 120 por minuto.

Materiał chroniony prawem autorskim

Na figura 3.56 temos uma idéia do que se entende por avanço (*a*) da ferramenta, por profundidade de corte (*pc*) e por comprimento (l) a ser torneado. Por avanço (*a*) da ferramenta se entende o deslizamento da mesma tanto para a esquerda como para a direita, corresponde a uma rotação somente, enquanto por avanço (*A*) se entende o avanço da ferramenta no tempo de um minuto. Por profundidade de corte se entende a penetração da ferramenta.

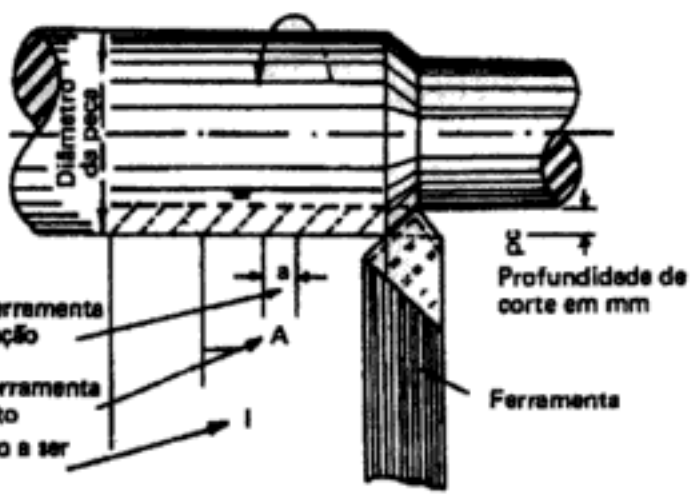


Fig. 3.56

O avanço e a profundidade de corte

Em média, deve-se tomar uma profundidade de corte 3 a 6 vezes maior do que o avanço.

Profundidade de corte	=	3 a 6 vezes maior do queo avanço

Como calcular a secção (*s*) do cavaco (ou material desprendido pela ferramenta) em mm², no torno ou na plaina

Este cálculo torna-se importante e necessário para o cálculo de potência consumida pela máquina em uma determinada operação. Na figura 3.56 podemos ver o que se entende por material desprendido ou cavaco, e os elementos que entram em seu cálculo, que são o avanço *a* da ferramenta em uma rotação e a profundidade de corte *pc* em mm. Assim:

Material chroniony prawem autorskim

Secção s do cavaco em mm^2

$$s = a \times pc$$

Sendo:

s = secção do cavaco em mm^2
a = avanço da ferramenta em 1 rotação
pc = profundidade de corte em mm

Ex.: Qual a secção s do cavaco, sabendo-se que o avanço *"a"* da ferramenta é de 1 mm e a profundidade de corte *"pc"* é de 1 mm?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $s = a \times pc$	1) Fórmula.
2) $s = 1 \times 1$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) 1 mm^2	3) Multiplicando 1 por 1 temos 1.
4) A secção do cavaco é de 1 mm^2	

Como calcular o tempo em minutos nas operações de torno e plaina

Podemos usar qualquer das duas fórmulas abaixo:
Cálculo do tempo t de execução em minuto.

$$t = \frac{L}{a \times rpm} \quad \text{ou} \quad t = \frac{L}{A}$$

Cálculo do tempo na operação de tornear

$$\text{Tempo ao tornear} = \frac{\text{Comprimento tornear}}{\text{Avanço em mm} \times \text{Rpm em cada volta}} \quad \text{ou}$$

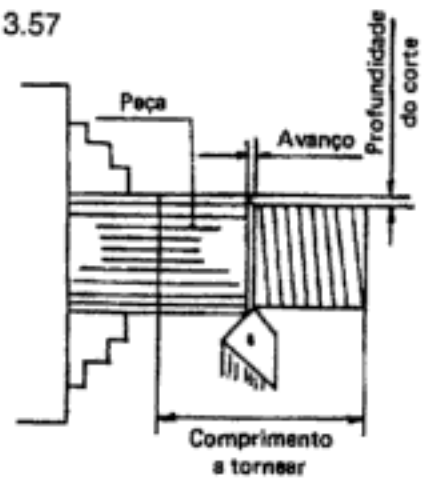
$$\text{Tempo ao tornear} = \frac{\text{Comprimento tornear}}{\text{Avanço da ferramenta por minuto}}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Sendo:

t = tempo em minuto
l = comprimento a ser torneado
a = avanço da ferramenta em 1 rotação
A = avanço da ferramenta em 1 minuto
Rpm = rotações por minuto (Veja fig. 3.57)

Fig. 3.57



Exemplo: 1) Qual o tempo "t" gasto para tornear um pedaço de comprimento 1 de 200 mm em uma peça com 100 Rpm de avanço "a" da ferramenta em cada rotação?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $t = \frac{1}{a \times \text{Rpm}}$	1) Fórmula.
2) $t = \frac{200}{1 \times 100}$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) $t = \frac{200}{100}$	3) Multiplicando 1 por 100, temos 100.
4) $t = 2$	4) Dividindo 200 por 100 temos 2.

5) O tempo gasto na operação acima será de 2 min.

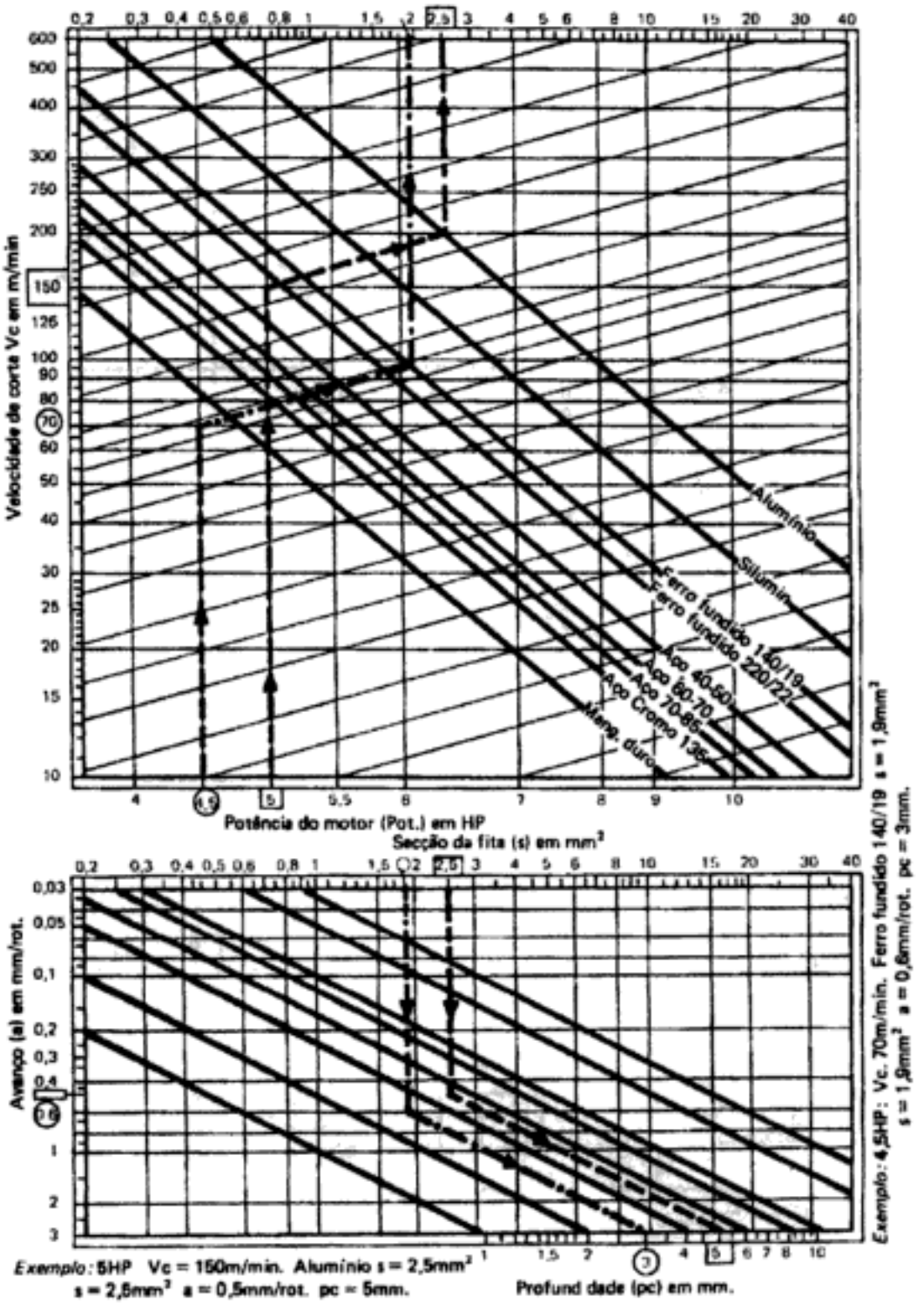
Outro exemplo: Qual o tempo gasto para se tornear um comprimento 1 de 50 mm em uma peça com 500 rotações por minuto (Rpm) e um avanço da ferramenta de 0,1 mm?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $t = \frac{1}{a \times \text{Rpm}}$	1) Fórmula.
2) $t = \frac{50}{0{,}1 \times 500}$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) $t = \frac{50}{50}$	3) Multiplicando 0,1 por 500, temos 50.
4) $t = 1$	4) Dividindo 50 por 50, temos 1.

5) O tempo t gasto na operação acima será de 1 min.

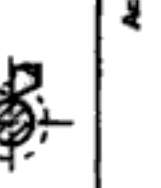
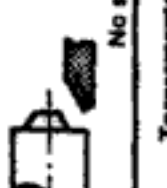
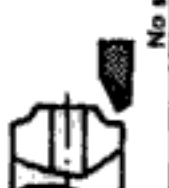
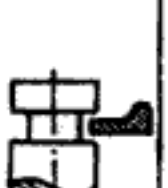
Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 3.11
Orientação para determinar a secção máxima (*s*) de fita em função da potência e do material a usinar


Velocidade de corte Vc em m/min
Alumínio
Silumin
Ferro fundido 140/19
Ferro fundido 220/22
Aço 40-50
Aço 60-70
Aço 70-85
Aço Cromo 135
Mang. duro
Potência do motor (Pot.) em HP
Secção da fita (s) em mm²
Avanço (a) em mm/rot.
Profundidade (pc) em mm.
Exemplo: 5HP Vc = 150m/min. Alumínio s = 2,5mm² s = 2,6mm² a = 0,5mm/rot. pc = 5mm.
Exemplo: 4,5HP: Vc. 70m/min. Ferro fundido 140/19 s = 1,9mm² s = 1,9mm² a = 0,6mm/rot. pc = 3mm.

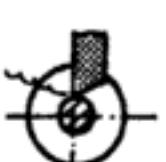
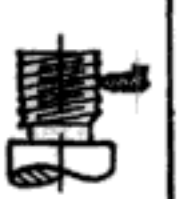
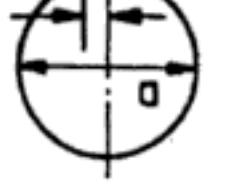
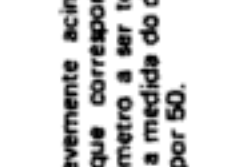
Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.12

OPERAÇÃO	DESBASTE	ACABAMENTO
Torneamento longitudinal Torneamento no sentido do comprimento da peça com o corte direito e oblíquo. 	**Acima do centro** Vantagens – a fita ou cavaco sai mais facilmente. Além disto evita que a ferramenta se crave na peça se houver um flexionamento desta. 	**No centro** A ferramenta trabalha com facilidade sem muito esforço fazendo um bom alisamento. 
Torneamento transversal No sentido do topo. 	**No centro** A ferramenta deve situar-se no centro. 	**No centro** A ferramenta deve situar-se no centro.
Torneamento transversal No sentido anelar. 	**Acima do centro** Vantagens – a fita ou cavaco sai mais facilmente. 	**Acima do centro** Vantagens – a fita ou cavaco sai mais facilmente. 
Cortar ou abrir canaleta profunda 	**No centro** Vantagens – o cavaco ou fita sai sem vibração. 	**Acima do centro** Vantagens – Acima do centro a fita ou cavaco sai mais facilmente. 

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.12 (continuação)

Cortar ou abrir canaleta profunda 	**Acima do centro** Vantagens – a fita ou cavaco sai mais facilmente. 	
Torneamento interno  Furo cilíndrico	**Acima do centro** Vantagens – Evita-se que na torção a ferramenta venha atritar ou roçar com a peça. 	**Acima do centro** **Atenção:** Nos casos de torneamento de furos cônicos ou de forma, a ferramenta deve se situar no centro. 
Torneamento de forma 	**Acima do centro** Aparece uma pequena deformação que se corrige no acabamento. 	**No centro** Bom para roscas, cones internos e externos. 
 **Atenção:** Levemente acima do centro, o que corresponde a 1/50 do diâmetro a ser torneado, ou seja, a medida do diâmetro dividida por 50.	**Centro** 	**Atenção:** Obtém-se o centro da peça colocando-se o gume de corte da ferramenta no centro da peça, o que corresponde à linha do diâmetro.

Materiał chroniony prawem autorskim

Potência consumida nas operações de usinagem de peças no torno

Nas operações modernizadas da indústria, torna-se necessário estabelecer o cálculo técnico da potência consumida nas operações de torneamento, seja nos tornos comuns seja nos automáticos.

Partindo-se desse cálculo, pode-se estabelecer outro de grande interesse e importância, como o preço de custo das operações de usinagens das peças, o da secção de cavaco, e o do rendimento da máquina.

Adiante seguem a fórmula e as explicações necessárias para esse importante cálculo.

Como calcular a potência consumida nas operações de corte, na usinagem das peças

$$Pot' = \frac{s \times Pe \times Vc}{60 \times 75 \times r}$$

Sendo:

Pot' = potência consumida

s = secção do cavaco em mm² (que se obtém na tabela 3.14).

Pe = pressão específica de corte em kg/mm² (que se obtém na tabela 3.13).

Vc = velocidade de corte em m/min (que se obtém nas tabelas 314 e 3.15).

r = rendimento da máquina (entre 0,60 e 0,80, conforme o tempo, conservação e estado da máquina).

Exemplo: Qual a potência consumida, *Pot'*, para um desprendimento de cavaco de 1 mm² de secção *s*, em material de latão macio, com ferramenta de aço rápido?

Temos:

material — latão macio

ferramenta — aço rápido

secção *s* do cavaco — 1 mm²

Com esses dados, podemos achar a pressão específica de corte *Pe*, na tabela 3.13, que nos dá, para uma secção *s* de 1 mm², latão macio 60 kg/mm².

Então:

Pressão específica de corte *Pe* 60 kg/mm².

Material chroniony prawem autorskim

A tabela 3.15, para velocidade de corte em função da secção do cavaco nos dá para o material latão macio e 1 mm² de secção *s* do cavaco, 125 m/min.

Então:

Velocidade de corte $Vc = 125$ m/min.

Quanto ao rendimento r, considerando-se máquina nova, adotamos 0,80.

Assim:

Rendimento $r = 0{,}80$.

De posse de todos os dados pedidos para a fórmula, temos:

EXECUÇÃO

1) $Pot' = \dfrac{s \times Pe \times Vc}{60 \times 75 \times r}$

2) $Pot' = \dfrac{1\ mm^2 \times 60\ kg/mm^2 \times 125\ m/min}{60 \times 75 \times 0{,}80}$

3) $Pot' = \dfrac{60 \times 125}{60 \times 75 \times 0{,}80}$

4) $Pot' = \dfrac{7500}{3600}$

5) $Pot' = 2{,}08$

EXPLICAÇÃO

1) Fórmula.
2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) Multiplicando 1 por 60, temos 60.
4) Multiplicando 60 por 125, temos 7500, e 60 por 75 e por 0,80, temos 3600.
5) Dividindo 7500 por 3600 temos 2,08.
6) A potência consumida é de 2,08 (*CV*).

Outro exemplo: Qual a potência consumida na usinagem de uma peça de ferro fundido cinzento macio com um desprendimento de cavaco de 3,7 mm² de secção *s*, em um torno comum, com ferramenta de aço rápido?

Temos: secção do cavaco $s = 3{,}7$ mm².
material — ferro fundido cinzento macio (*HB* 200)
ferramenta — aço rápido

Material chroniony prawem autorskim

Com os dados anteriores, a tabela 3.15, de velocidade de corte em função da secção do cavaco, nos fornece: *Vc* - velocidade de corte 25 m/min.

(Não figurando a secção de 3,7 mm^2 na tabela 3.14, adotamos a mais próxima, isto é, de 4 mm^2) .

A pressão específica de corte Pe igual a 80 kg/mm^2 obtemos na tabela 3.13. Quanto ao rendimento *r*, por se tratar de torno comum, adotamos 0,75. De posse de todos os dados, vejamos a execução e a explicação.

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $Pot' = \frac{s \times Pe \times Vc}{60 \times 75 \times 0{,}75}$	1) Fórmula.
2) $Pot' = \frac{3{,}7 \times 80 \times 25}{60 \times 75 \times 0{,}75}$	2) Substituindo letras da fórmula pelos números.
3) $Pot' = \frac{296 \times 25}{4500 \times 0{,}75}$	3) Multiplicando 80 por 3,7, temos 296, e 60 por 75, temos 4500.
4) $Pot' = \frac{7400}{3375}$	4) Multiplicando 296 por 25, temos 7400, e 4500 por 0,75, temos 3375.
5) $Pot' = 2{,}1$	5) Dividindo 7400 por 3375, temos 2,1.
6) A potência consumida é de 2,1 *CV*.	

Transformação do resultado 2,1 *HP* em *KW*.

Sabendo que 1 *CV* é igual a 0,736 *KW* temos que multiplicar o resultado por 0,736.

Assim:

$$2{,}1 \times 0{,}736 = 1{,}545\ KW$$

Sabendo-se o preço do *KW* da região, pode-se calcular o custo da energia elétrica para a operação em apreço, dentro do tempo de execução, para os cálculos de tempo e de custos de peças.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.13

Pressão específica de corte para máquinas operatrizes

(Para estabelecer o cálculo de potência e de secção de fita)

Materiais	Resistência à tração kg/mm²	*Pe* Pressão de corte kg/mm²		
		1 mm² Secção	5 mm² Secção	10 mm² Secção
Aço doce	30 a 40	140	130	100
Aço meio duro	40 a 50	170	150	135
Aço meio duro	50 a 60	200	160	150
Aço duro	60 a 70	245	180	165
Aço duro	70 a 80	260	200	190
Aço-cromo-níquel	65 a 80	250	200	180
Aço-cromo-níquel	90 a 100	280	190	—
Aço-cromo-níquel	140	380	260	—
Aço-manganês	60	220	—	—
Aço-manganês	80	270	—	—
Aço-manganês	100	300	—	—
Aço-manganês 12%	—	480	360	—
Aços-liga	100	300	—	—
Aços-liga	125	400	—	—
Aço fundido	50 a 60	180	135	—
Aço inoxidável	—	350	270	—
Ferro fundido (*HB* - 220)	—	200	170	—
Ferro fundido cinzento	—	80	—	—
Ferro fundido cinzento semiduro	—	100	—	—
Ferro fundido cinzento duro	—	125	—	—
Latão e bronze duros	—	100	—	—
Latão e bronze semiduros	—	80	—	—
Latão e bronze macios	—	60	—	—
Alumínio e ligas macias	—	50	—	—
Alumínio e ligas duras	—	60	—	—
Duralumínio	—	80	—	70
Silumínio	—	100	—	85
Magnésio (Elétron)	—	80	—	—

Para a fresa, convém empregar os valores mais baixos da tabela.

Atenção: Não obstante a tabela acima, a pressão específica de corte pode ser calculada multiplicando a resistência à tração do aço por 3 ou por 4 e, no caso de ferro fundido, por 5. Assim:

Materiał chroniony prawem autorskim

Pressão específica de corte *Pe*: no aço = resistência à tração × 3 ou 4.
Pressão específica de corte *Pe*: no ferro fundido = resistência à tração × 5.

Como usar a Tabela 3.13. Exemplo: para se proceder ao cálculo de secção de fita e de potência no trabalho, precisa-se saber a pressão específica de corte para um aço doce, cuja resistência à tração o laboratório acusou como sendo de 30 a 40 kg/mm^2.

1º) procuramos esse material na lista de materiais. Encontramos na 1ª linha da 1ª coluna.

2º) seguindo à direita encontramos os diferentes dados conforme as secções de fita. Para uma secção de fita de 1 mm^2, temos 140 (2ª coluna).

Para 5 mm^2 de secção, temos 130 e para o 10 mm^2, 100.

Importante

Para os engenheiros ou supervisores

Como planejar a produção em série dentro do melhor rendimento das máquinas operatrizes.

Para o operador — Como regular a máquina para o seu melhor rendimento por operação.

Para os engenheiros, supervisores e operadores torna-se importante calcular as operações dentro das reais possibilidades das máquinas e distribuí-las dentro desse rendimento.

Vale dizer que o cálculo de qualquer operação deve tirar o máximo proveito da máquina sempre que for possível, e ser distribuído pelas máquinas, dentro das reais possibilidades destas.

Foi feita uma experiência em uma firma de muita usinagem. Depois de uma racionalização das operações de usinagem, conseguiu-se uma duplicação da produção com as mesmas máquinas, quando antes se considerava normal e satisfatória a produção anterior. Aconselhou-se a organização de fichas de cada máquina (*HP*, rendimento) e a organização de cálculos para cada operação. Mas isto só é compensativo quando se trata de grandes produções que ocupem as máquinas em uma mesma operação por um largo espaço de tempo (série e linha).

Material chroniony prawem autorskim

Como estabelecer cálculos de secção de cavaco dentro das reais possibilidades da máquina e do seu melhor rendimento

Exemplo explicativo:

Como estabelecer uma secção máxima de cavaco dentro das possibilidades do motor de 5 *HP*, com um rendimento avaliado em 0,80 para trabalhar aço duro de 60 a 70 kg/mm², sendo a ferramenta de aço rápido.

$$\text{Secção do cavaco} = \frac{HP \text{ do motor} \times 75 \times \text{Rendimento da máquina} \times 60}{\text{Velocidade de corte} \times \text{Pressão específica de corte}}$$

Observando-se a fórmula, temos:

a) *HP* do motor — obtemos na chapinha do motor da máquina.

b) Rendimento da máquina — depende do seu estado. Máquinas novas 0,9, 0,8, velhas 0,6, médias 0,7.

c) Velocidade de corte: para ferramentas de aço rápido e metal duro (torno), tabela 3.9. Para outras máquinas, consultar o índice neste livro.

d) Pressão específica de corte: para vários materiais, ver tabela 3.13 e pág. 147.

Observação: Aconselhamos também a leitura das págs. 140 a 154.

Atenção: O ideal seria obter a pressão específica de corte submetendo o material a usinar a teste em máquina apropriada. Não conseguimos obter informações de firmas ou entidades que tenham esta máquina no país. Porém, ficamos sabendo que a Escola Técnica "Lauro Gomes", de São Bernardo do Campo (SP), dirigida por técnicos alemães (ocasião em que redigimos esta nota), está para receber da Alemanha o que existe de mais moderno para a verificação da pressão específica de corte.

À pág. 139, tabela 3.11, temos também um gráfico que permite obter rapidamente a secção do cavaco (fita), a velocidade de corte, o avanço em função da potência do motor e do material a usinar.

1º) Para usar a fórmula acima, precisamos obter os dados da velocidade de corte e o de pressão específica de corte. Precisamos, para trabalhar aço 60 a 70 kg/mm², saber: a pressão específica de corte e a velocidade de corte. De posse de todos os dados, temos:

Material chroniony prawem autorskim

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $\text{Secção do cavaco em mm}^2 = \dfrac{\text{HP do motor} \times 75 \times \text{rendimento da máquina} \times 60}{\text{Velocidade de corte} \times \text{Pressão específica de corte}}$	1) Fórmula
2) $\text{Secção do cavaco} = \dfrac{5 \times 75 \times 0{,}80 \times 60}{20 \times 245}$	2) Substituindo-se pelos numerosos dados.
3) $\text{Secção do cavaco} = \dfrac{18000}{4900}$	3) Executando as multiplicações no numerador (número acima do traço de divisão) temos 18000 e no denominador (número abaixo do traço) temos 4900.
4) Secção do cavaco em $\text{mm}^2 = 3{,}6\ \text{mm}^2$	4) Executando a divisão entre 18000 e 49000, temos 3,6 mm^2 de secção para a fita.

Resposta: O torno acima, tendo motor de 5 *HP*, pode tirar uma fita máxima de cavaco de 3,6 mm^2 de secção. Sabendo-se a capacidade máxima da máquina para a secção de cavaco, como determinar quanto devemos dar à profundidade de corte e quanto ao avanço da fita.

Cálculo do avanço e da profundidade de corte

Tomamos como regra o cálculo seguinte:

Explicação. Multiplicar a secção da fita por 2 e extrair a raiz quadrada.

Para aço — Profund. de corte = $\sqrt{2 \times \text{secção da fita}}$

Multiplicar a secção da fita por 4 e extrair a raiz quadrada.

Para ferro fundido — Profund. de corte = $\sqrt{4 \times \text{secção da fita}}$

Material chroniony prawem autorskim

Exemplo: Determinar no exemplo anterior, sendo a secção da fita de 3,6 mm^2 para aço, quanto devemos dar de profundidade de corte e de avanço.

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) Profundidade de corte = $\sqrt{2 \times \text{secção da fita}}$	1) Fórmula.
2) Profundidade de corte = $\sqrt{2 \times 3{,}6}$	2) Mudando os dados pelos números.
3) Profundidade de corte = $\sqrt{7{,}2}$	3) Multiplicando 2 por 3,6, temos 7,2 (Extrair a raiz quadrada ou consultar tabela).

Resposta: A profundidade de corte em 3,6 mm^2 de secção para o aço deve ser de 2,7 mm.

Tendo a secção da fita, como determinar o avanço

No exemplo acima, sendo a secção da fita de 3,6 mm e a profundidade do corte 2,7 mm, quanto deve ser o avanço sendo o material aço?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) Avanço em mm = $\frac{\text{secção da fita}}{\text{prof. de corte}}$	1) Fórmula.
2) Avanço em mm = $\frac{3{,}6}{2{,}7}$	2) Substituindo os dados pelos números.
3) Avanço em mm = $\frac{3{,}6}{2{,}7} = 1{,}33$	3) Dividindo 3,6 por 2,7, como manda a fórmula, temos 1,33 mm.

Material chroniony prawem autorskim

Resposta: Para uma secção de cavaco de 3,6 mm^2 devemos dar 2,7 mm de profundidade de corte e 1,33 mm de avanço.

Como tirar a prova?

Sabendo que a secção da fita é igual ao avanço em mm × profundidade do corte em milímetros. Temos:

Secção da fita = 2,7 × 1,33 = 3,591

ou então:

$$\text{Profundidade de corte} = \frac{\text{secção da fita}}{\text{avanço}}$$

$$\text{Profundidade de corte} = \frac{3,6}{1,33} = 2,7$$

Resposta: Com uma secção de fita de 3,6 mm^2 e avanço de 1,33 mm, a profundidade deve ser de 2,7 mm.

Vejamos as fórmulas indispensáveis:

$$\textit{Para aço} \quad \text{Profund. de corte} = \sqrt{2 \times \text{secção do cavaco em mm}}$$

ou

$$\textit{Para o ferro fundido} \quad \text{Profund. de corte} = \sqrt{4 \times \text{secção do cavaco em mm}}$$

Tendo a secção da fita que uma máquina pode dar, e a profundidade de corte, como determinar o avanço.

$$\text{Avanço} = \frac{\text{secção do cavaco em mm}}{\text{profundidade de corte em mm}}$$

Tendo a secção de fita e o avanço, como determinar a profundidade de corte.

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\text{Profund. de corte} = \frac{\text{secção do cavaco em mm}}{\text{avanço em mm}}$$

Secção da fita em mm^2 = prof. de corte em mm × avanço em mm.

(ver tabela 3.11)

Aumento da produção de peças com o emprego de aços com enxofre e chumbo

Nos EUA as experiências com a adição de chumbo (0,07 a 0,5%) e de enxofre (0,08 a 0,2%) aos aços puderam aumentar consideravelmente o número de peças produzidas, a durabilidade da ferramenta, e diminuir o número de afiações.

Posteriormente a Alemanha, confirmando as vantagens, adotou também a adição de chumbo e enxofre nos aços destinados à grande produção de peças em máquinas automáticas.

O enxofre tem a propriedade de dar mais friabilidade[1] ao aço, provocando um cavaco azul e subdividido.

O chumbo produz uma ação lubrificante do corte das ferramentas, permitindo elevar a velocidade, o avanço, e diminuir o número de afiações e preparação da ferramenta. Após a adição do chumbo no aço ao enxofre o cavaco torna-se curto e amarelo e provoca uma absorção menor de energia.

As proporções de enxofre não chegam a diminuir a resistência à ruptura, e as do chumbo não alteram as características mecânicas do aço.

A adição do chumbo

O chumbo não é solúvel no aço em fusão, não se misturando. Mas injetando-se o chumbo em um jato de aço no momento da corrida, as partículas microscópicas do chumbo são uniformemente distribuídas por toda a massa do lingote.

[1] Friabilidade: qualidade do aço reduzir-se a fragmentos.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 3.14

Velocidade de corte para torno em função do material, da ferramenta e da secção do material desprendido (cavaco)

MATERIAL	Resist. à tração	FERRAMENTA DE METAL DURO							
		Secção *s* do cavaco em mm²							
		0,125	0,25	0,50	1	2	4	8	16
		Velocidade de corte Vc em m/min							
Aço fundido	55	250	200	150	120	100	62	50	40
Aço fundido	45	310	250	200	150	120	100	62	50
Aço bx. teor carb.	40	500	400	310	250	200	160	125	100
Aço macio	50	400	310	250	200	160	125	100	80
Aço dureza média	62	310	250	200	160	125	100	80	62
Aço duro	80	260	200	160	125	100	80	60	50
Aço-cromo níq. temp.	100	200	160	125	180	80	62	50	40
Aço-manganês		62	50	40	31	25	20	16	12
Aço-cromo-níq. temp.	125	160	123	100	80	60	50	40	31
Aço-cromo-níq. temp.	160	125	100	80	62	50	40	30	25
Aço de ferramenta									
(Brinell 480)		100	80	60	50	40	30	25	20
Ferro fundido (Brinell 400)		125	100	80	60	50	40	31	25
Ferro fundido (Brinell 250)		160	120	100	80	60	50	40	31
Ferro fundido (Brinell 180)		200	160	125	100	280	60	50	40
Latão e bronze duro		500	400	300	350	200	160	125	100
Latão e bronze macio		620	500	400	300	250	200	150	120
Latão e cobre		800	600	500	400	300	250	200	160
Duralumínio (ligas duras)		600	500	400	300	250	200	160	120
Duralumínio (ligas semi)		1000	800	600	500	400	300	250	200
Duralumínio (ligas macias)		1600	1250	1000	800	600	500	400	300
Magnésio		2500	2000	1500	1200	1000	800	620	500

Como usar a tabela 3.14. Exemplo: Tornear uma peça de aço-manganês, usando ferramenta de pastilha de carboneto de tungstênio, ou seja, metal duro, com um desprendimento de cavaco de 1 mm² de secção.

1º) Procuramos na lista de material o aço-manganês.

2º) Seguimos em frente até a coluna que indica 1 mm² de secção de cavaco.

3º) Encontramos o nº 31 que nos dá a velocidade em m/min.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 3.15

Velocidade de corte para torno em função do material, da ferramenta e da secção do material desprendido (cavaco)

FERRAMENTA DE AÇO RÁPIDO

MATERIAL	Resist. à tração kg/mm²	Secção *s* do cavaco em m/min								
		0,25	0,50	1	2	4	5	8	16	31
		Velocidade de corte em m/min								
Aço temper.	100	26	25	20	15	12	11	10	8	6
Aço duro	80	35	30	25	20	15	14	12	10	8
Aço dur. média	60	45	40	31	25	20	18	15	12	10
Aço macio	50	55	50	40	30	25	25	26	16	12
Aço ext. doce	30-40	75	60	50	40	30	28	27	20	15
Ferro fund. ext. duro		18	17	16	14	13	12	11	10	9
Ferro fund. cinz. duro		22	21	20	18	16	15	14	12	11
Fer. fund. cinz. dur. méd.		28	26	25	22	20	19	18	16	14
Ferro fund. cinz. macio		35	33	30	28	25	24	22	20	18
Latão e bronze duro		250	160	100	62	40	35	25	20	16
Latão e bronze macio		300	200	125	80	50	40	35	25	20
Duralumínio		600	380	220	150	100	90	80	60	40
Alumínio – ligas duras		620	400	250	160	110	95	90	65	50
Alumínio – ligas macias		780	500	300	200	150	130	100	80	60
Magnésio – ligas leves		1200	800	500	300	220	180	160	120	100

Observação: No caso de ferramentas de aço extra-rápido, as velocidades acima podem ser aumentadas em 1/3.

Tempo de execução nas operações das máquinas operatrizes

O tempo de execução para cada operação depende dos seguintes fatores:

1º) do avanço da ferramenta para cada volta da peça.

2º) do número de rotações por minuto (Rpm) que se trabalha.

3º) da medida ou comprimento l que se irá trabalhar.

4º) do número de passadas necessárias para a execução do trabalho.

Exemplo: Se para cada volta da peça, a ferramenta faz um avanço de 1 mm, poderemos facilmente ter o número de mm trabalhado pela ferramenta em

Materiał chroniony prawem autorskim

10, 15, 50 ou demais rotações da peça, multiplicando somente o avanço *a* pela Rpm.
Assim:

Trabalho da ferramenta conforme o avanço e o número de voltas da peça.

$$l = a \times \text{Rpm}$$

Sendo:

l = comprimento a ser executado

a = avanço da ferramenta para cada volta

Rpm = rotações por minuto da peça

Como calcular a produção nas máquinas operatrizes

Partindo-se da secção *s* em mm^2 da fita do cavaco, e tendo-se a velocidade de corte da máquina operatriz para o material, pode-se calcular a produção do cavaco em quilos (kg) por minuto ou por hora, conforme se queira.
Assim:

Quantidade de cavaco em quilos por minuto

$$Q = s \times Vc \times pe \quad \text{ou} \quad Q = pc \times a \times Vc \times pe$$

Sendo:

s = secção do cavaco em dm^2
Vc = velocidade de corte em dm/min
pe = peso específico do material
pc = profundidade de corte em dm/min
a = avanço em dm/min

Exemplo: Qual a quantidade de cavaco em quilos por minuto (kg/min) ao se tornear uma peça de aço com 20 m/min, 0,5 mm de avanço e 5 mm de profundidade de corte?

1º) Transformamos as medidas que estão em mm para dm. Assim:

$Vc = 20$ m/min	200 dm/min
$a = 0{,}5$ mm	0,005 dm

Material chroniony prawem autorskim

$pc = 5$ mm	0,05 dm
$pe = 7{,}8$ kg/dm^3	7,8 kg/dm^3

Passadas todas as medidas para decímetro (dm), temos:

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $Q = pc \times a \times Vc \times pe$	1) Fórmula.
2) $Q = 0{,}05 \times 0{,}005 \times 200 \times 7{,}8$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) $Q = 0{,}00025 \times 200 \times 7{,}8$	3) Multiplicando 0,05 por 0,005, temos 0,00025.
4) $Q = 0{,}05 \times 7{,}8$	4) Multiplicando 0,00025 por 200, temos 0,05.
5) $Q = 0{,}39$ kg/min	5) Multiplicando 0,05 por 7,8, temos 0,39 kg/min.

6) A quantidade Q em quilos por minuto de cavaco é de 0,39 kg.

Se quisermos saber essa quantidade por hora, basta multiplicar por 60. Assim 0,39 kg/min × 60 = 23,40 kg/h.

Operações no torno mecânico

Centralização da peça

Se ao colocarmos a peça na máquina (entre pontas do torno) verificarmos que a mesma não está centrada, damos uma volta na peça com a mão, assinalando com um giz a parte mais saliente. O uso do indicador facilita esta verificação. (Fig. 3.58)

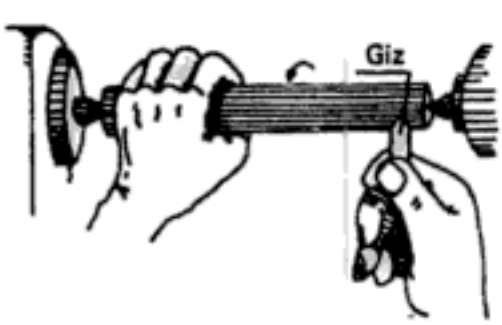


Fig. 3.58

Materiał chroniony prawem autorskim

Depois de achar o centro, procede-se à marcação de centrar. Peça e ferramenta devem manter-se em posição vertical. (Fig. 3.59).

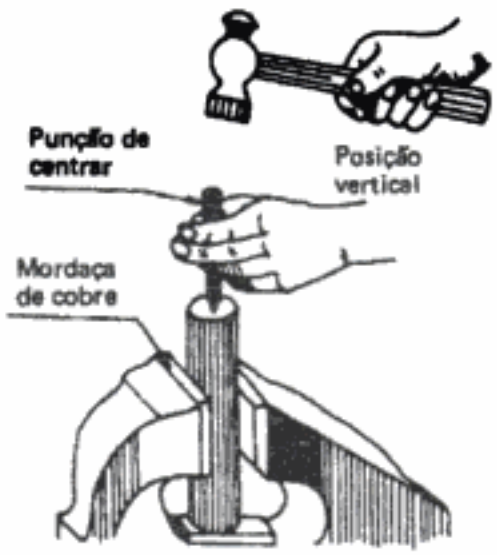


Fig. 3.59

Marcando o centro com o punção de centrar

Em seguida, com o punção inclinado, levamos a marcação do centro um pouco mais para a parte saliente que ficou marcada com giz, como mostra a figura abaixo.



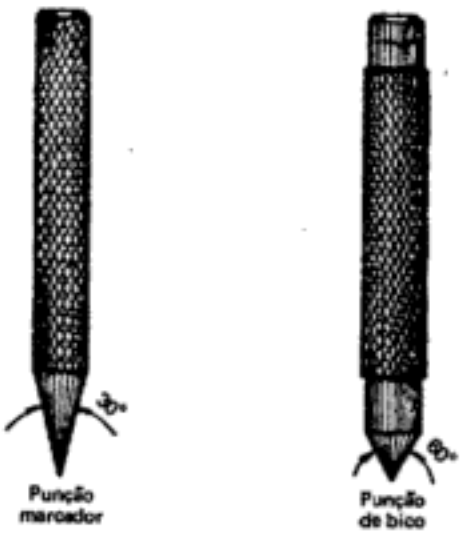
Fig. 3.60

O ângulo dos punções

Uma vez determinado o centro e marcado pelo punção, precisamos fazer os furos para poder prender a peça entre pontas, como mostra a figura 3.64. Para a técnica perfeita, usa-se a broca de centrar que faz o furo e o escareado ao mesmo tempo, devendo-se usar baixa rotação. Também pode-se abrir o centro usando uma broca helicoidal, escareando com uma 2ª broca maior.

Material chroniony prawem autorskim

Fig. 3.61



Broca de centrar

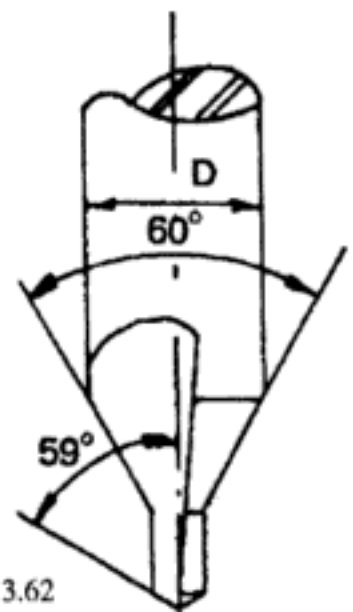


Fig. 3.62

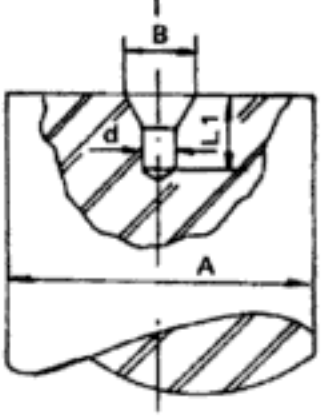


Fig. 3.64

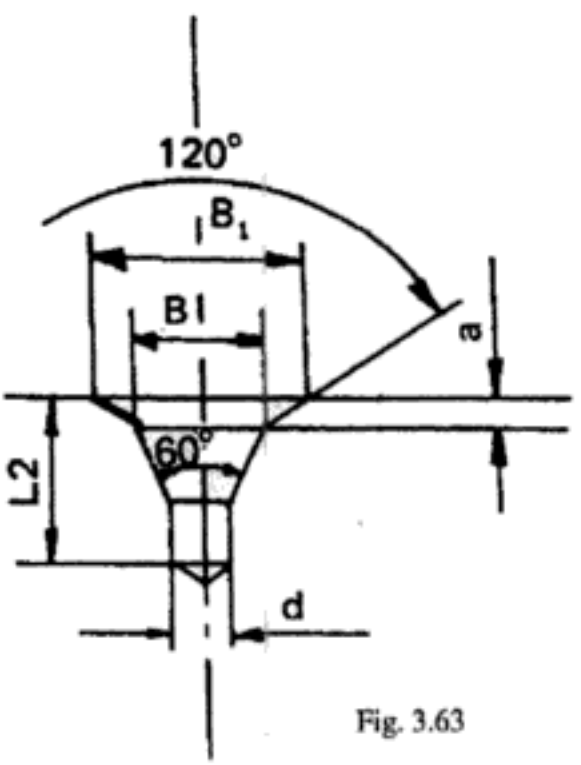


Fig. 3.63

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 3.16

Broca de centrar

Dimensões para fazer centros, de acordo com as Normas DIN (Resumo)						
Diâmetros das peças em mm até 100 kg com esforços de cortes médios			Ângulo para escarear 60°			
A	d	l	l2	B	B1	a
de 6 a 10 mm	1	2,5	3	2,5	4	0,4
de 10 a 25 mm	2	5	6	5	8	0,8
de 25 a 63 mm	3	7	8	8	12	1
de 63 a 100 mm	5	11	13	10	17	1,5

Na figura, a broca de centrar já vem com a parte para escarear, constituindo a broca combinada que pode fazer o centrado e o escareado ao mesmo tempo, em uma só operação. Ao fazer os furos de centro, empregar avanços pequenos, com refrigeração abundante e velocidade controlada, para evitar ruptura. Também pode-se fazer os furos de centro empregando uma broca helicoidal, e escarear com uma fresa de escarear (ver figs. 3.62, 3.63 e 3.64).

Modo de achar o centro de peças

No caso de peças de formatos retangulares, basta traçar diagonais. O centro será no cruzamento. (Fig. 3.65)

Para facilitar o traçado, passa-se uma solução de sulfato de cobre embebida em pano ou algodão. Também uma camada de giz ou alvaiade produz o mesmo efeito. (Fig. 3.66)

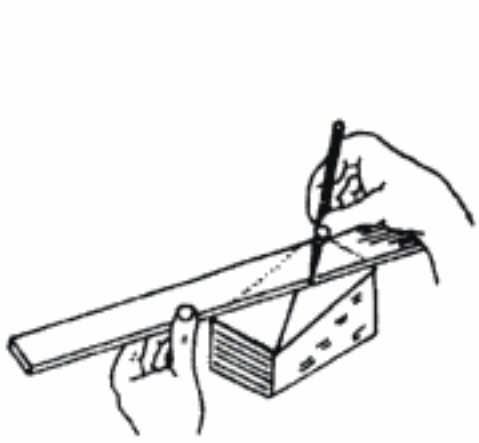


Fig. 3.65



Fig. 3.66

Material chroniony prawem autorskim

O compasso hermafrodita é usado para achar o centro das peças cilíndricas. Abre-se o mesmo com um raio pouco maior do que o da peça, e traçam-se 4 raios, como mostra a figura abaixo. A união desses cruzamentos indica o centro. (Fig. 3.67).

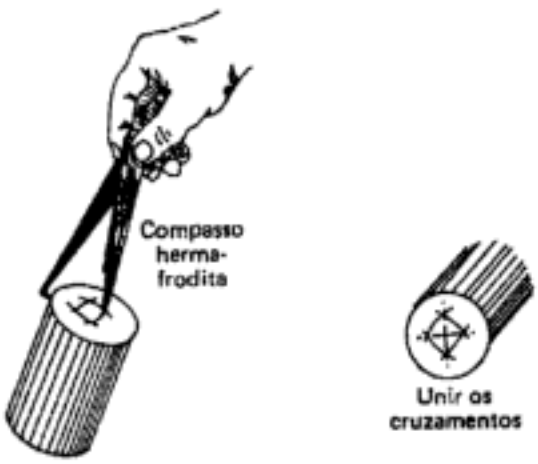


Fig. 3.67

As figuras abaixo mostram como se acha o centro da peça usando o esquadro de centro. (Figs. 3.68 e 3.69)

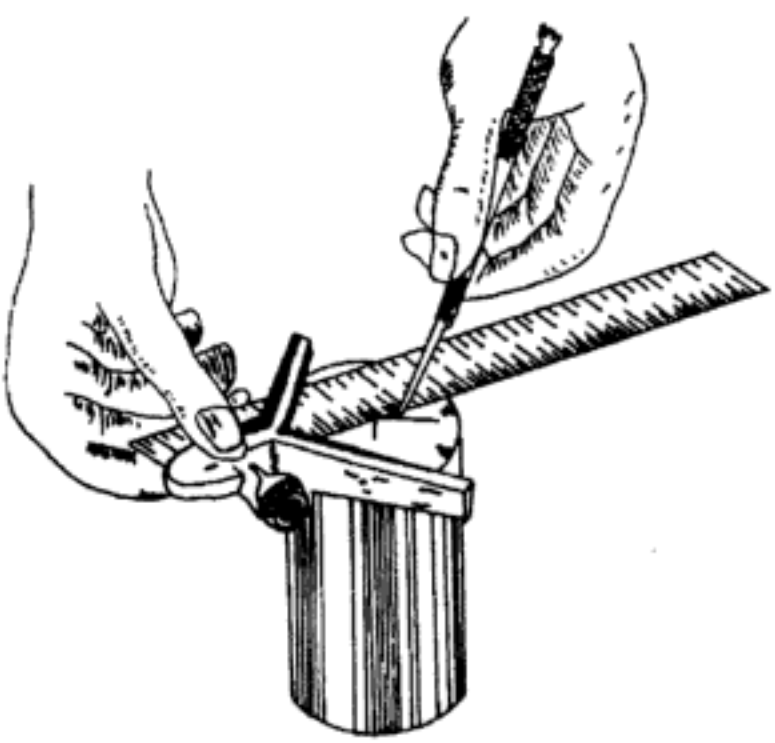


Fig. 3.68

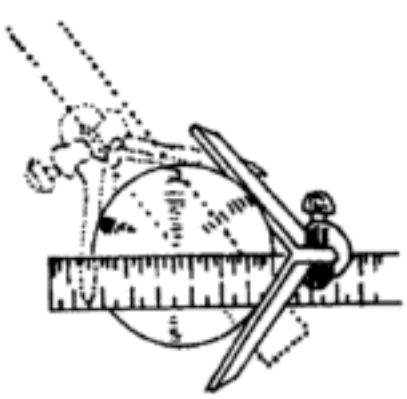


Fig. 3.69

Materiał chroniony prawem autorskim

Além do traçado de peças, o graminho é usado para achar o centro de peças. As figs. 3.70 e 3.82 mostram como isto é feito.

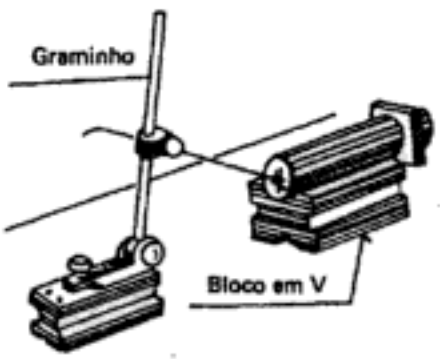


Fig. 3.70

Um meio rápido e eficaz de se achar o centro de peças é usando o punção de copo. A fig. 3.71 mostra o punção de copo e a fig. 3.72 mostra como se acha o centro.

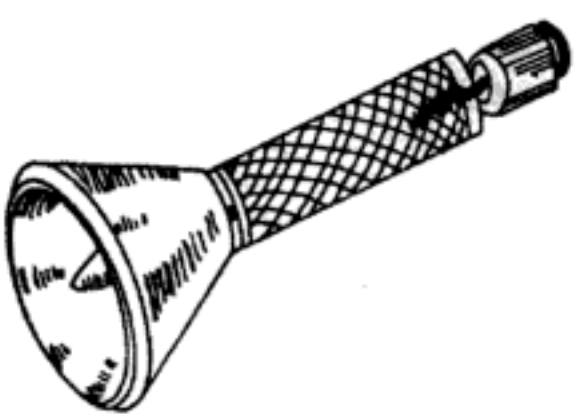


Fig. 3.71



Fig. 3.72

Material chroniony prawem autorskim

Processos de tornear peças cônicas



Caso de peça totalmente cônica

Fig. 3.73



Caso de peças cônicas com partes não cônicas

Fig. 3.74

$$\text{Deslocamento do contraponta} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor}}{2}$$

Exemplo: $\text{Deslocamento} = \frac{50\text{mm} - 46\text{mm}}{2} = 2\text{ mm}$ (fig. 3.73)

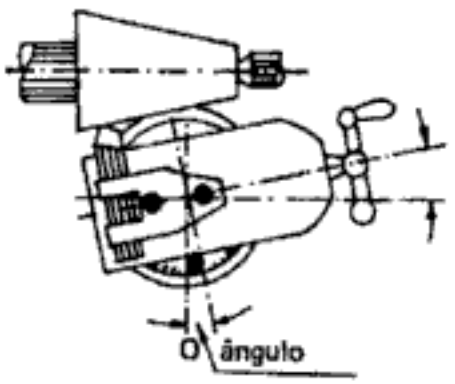
Exemplo de casos de peças cônicas com partes não cônicas (fig. 3.74).

$$\text{Deslocamento do contraponta} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor}}{\text{Comprimento da parte cônica}} \times \text{Comprimento total}$$

$$\text{Deslocamento} = \frac{50\text{ mm} - 46\text{ mm}}{100\text{ mm}} \times 200\text{ mm} = 8\text{ mm}$$

$$\text{Graduação} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor}}{2 \times \text{comprimento da parte cônica}} = \text{tangente}$$

Materiał chroniony prawem autorskim



Torneamento de peça cônica pela graduação da espera

Fig. 3.75

Exemplo:

$$\frac{100-90}{2\times 120}=\frac{10}{240}=10\div 240=0{,}041666$$

Com este número, vamos a uma tabela de tangentes que nos dá os graus e minutos. No exemplo, o número mais próximo de 0,041666 = 0,04162. Com este último número achamos 2° e 23'.

Torneamento de superfície oblíqua

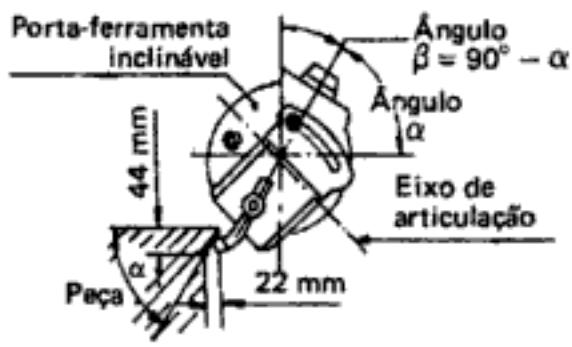


Fig. 3.76

$$\text{Tangente} = \frac{44}{22} = 2 = 63°26'$$

Material chroniony prawem autorskim

Na tabela de tangentes, encontramos 1,99986 o mais próximo do número 2 = 63°26'. Para graduarmos o porta-ferramenta, subtraímos o ângulo achado 63° e 26' de 90°. Então 90° – 63° 26' = 26°34'.

Torneamento de superfície esférica

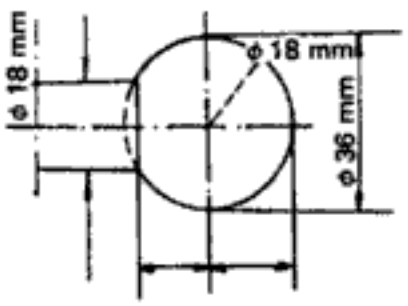


Fig. 3.77

Achar a medida *x*, na fig. 3.77.

$$x = \sqrt{(\frac{D}{d})^2 - (\frac{d}{2})^2}$$

$$x = \sqrt{(\frac{36}{2})^2 - (\frac{18}{2})^2} \qquad x = \sqrt{18^2 - 9^2}$$

$$x = \sqrt{324 - 81} \qquad x = \sqrt{243} \qquad x = 15{,}58 \text{ mm}$$

Prova: 15,58 × 15,58 = 243

Conicidade

Podemos indicar a conicidade de quatro formas:

1) Pelo ângulo da peça em graus, minutos e segundos (do ângulo).
2) Pela metade do ângulo ou semi-ângulo.
3) Pela fração em milímetros 1/20 ou 1/50, etc., de peças cônicas em relação a um lado do eixo e tomando por base o comprimento de 100 mm.
4) Por porcentagens — 2% ou 5% etc.

— No exemplo a seguir, o ângulo indica os dois lados simétricos do eixo da peça, isto é, os 30° já se referem ao ângulo ou conicidade da peça.

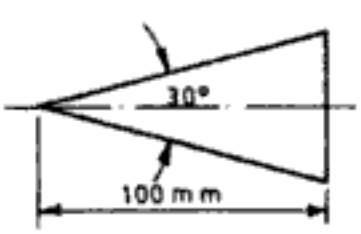


Fig. 3.78

Material chroniony prawem autorskim

— Abaixo vemos a indicação do semi-ângulo da peça ou a metade do ângulo. Também podemos chamar de semiconicidade.

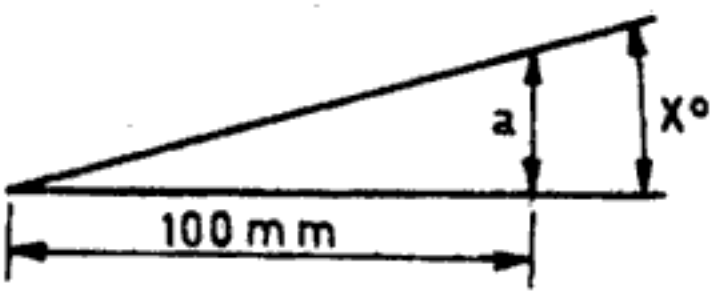


Fig. 3.79

— Aproveitando a figura acima, a medida de "*a*" indica a conicidade em frações de milímetro, tomado por base um comprimento de 100 mm. A medida de *a* será proporcional ao comprimento do cone. Assim, se desejarmos saber em 80 mm (dos 100 mm) qual a conicidade, temos:

$$\text{Conicidade em fração de mm} = \frac{1 \times 80}{100} = 0{,}8 \text{ mm}$$

80 é o comprimento desejado.
0,8 a indicação da conicidade em fração decimal, ou seja,
0,8 = 8 décimos de conicidade.

O outro meio de se calcular a conicidade em fração decimal é:

$$\text{Conicidade} = \frac{\text{diâmetro maior} - \text{diâmetro menor}}{\text{comprimento da parte cônica}}$$

Exemplo: $\dfrac{40 - 30}{20} = 0{,}5$

Como transformar conicidades em frações decimais para porcentagem

0,5 (5 décimos de milímetro) é igual a uma conicidade de 5% *em 1 mm*, ou a 50% se considerarmos o comprimento 100 mm que é a relação mais aceita.

0,8 (8 décimos de mm) é igual a 8% em 1 mm, ou melhor ainda: 80% de 100 mm de comprimento.

Material chroniony prawem autorskim

Como transformar conicidades em frações decimais, para graus, minutos, etc., de ângulo

$$\text{Conicidade} = \frac{D - d}{l}$$

D = Diâmetro maior da peça
d = diâmetro menor da peça
l = Comprimento da parte cônica da peça.

$$\text{Tangente} = \frac{D - d}{2 \times l} \quad \text{ou} \quad \text{Tangente} = \frac{\text{Con. em decimal}}{2} = \text{Semiconicidade em decimal}$$

Tendo-se o valor da semiconicidade em decimal, a tabela de tangentes nos dá o valor da conicidade em graus e minutos do ângulo.

Ex.: No exemplo anterior: conicidade em decimal = 0,5. Usando a fórmula:

1º) $$\text{Tangente} = \frac{\text{Conicidade decimal}}{2} =$$

2º) tangente $= \frac{0,5}{2} = 0,25$. Achado 0,25, vamos à tabela de tangente que nos dá o ângulo de 14°10'.

Modo prático de se calcular conicidades sem tabelas de tangentes

Aplicam-se a conicidades pequenas, até 0,36, isto é, até 36% ou a 20°24', em forma aproximada

$$\text{Ângulo} = 28,65 \times \text{conicidade em decimal}$$

Exemplo: conicidade em 0,36. $28,65 \times 0,36 = 10°31'$.

$31 = \frac{31}{100}$ de grau, ou seja, 31 que achamos são 31 centésimos de grau porque 0,36 que usamos está em fração decimal. Para transformar $\frac{31}{100}$ de grau em minutos, temos:

$$10° + \frac{31 \times 60}{100} = 10°18'$$

valor aproximado (o valor mais preciso é 10°12'). Por este modo, para conicidades de 20%, o erro é de apenas 1 minuto.

Material chroniony prawem autorskim

Como calcular a porcentagem de conicidade

$$\text{Porcentagem de conicidade} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{diâmetro menor}}{\text{Comprimento da parte cônica}} \times 100$$

Refere-se à relação de conicidade em comprimentos de 100 mm.

Tabela 3.17

Conicidades normalizadas mais usuais

% de conicidades	semi-ângulo ou 1/2 do ângulo	Aplicações nº
2 %	0°34'23"	Passadores cônicos e de posição
5 %	1°25'50"	Cones Morse
10 %	2°51'45"	Chaves grifo. Alojamentos de eixos
15 %	4°17'21"	Pouco usado. Evitar sempre que possível
20 %	5°42'38"	Diversas aplicações

Fórmulas úteis para achar os diversos dados de conicidade

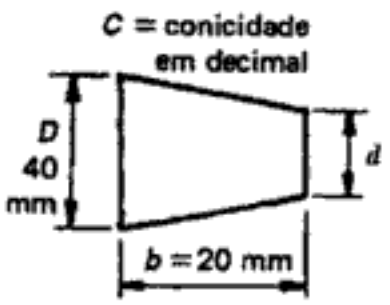


Fig. 3.80

Fórmulas	Execução
$d = D - (c \times \ell)$	$d = 40 - (0{,}4 \times 20) = 32$ mm
$D = d + (c \times \ell)$	$D = 32 + (0{,}4 \times 20) = 40$ mm
$\ell = \frac{D - d}{c}$	$\ell = \frac{40 - 32}{0{,}4} = 20$ mm

Material chroniony prawem autorskim

Conicidade dada por fração ordinária

Algumas vezes se irá encontrar a conicidade indicada por fração:

Ex.: 1/20, 1/50, etc.

Neste caso, adotamos a fórmula:

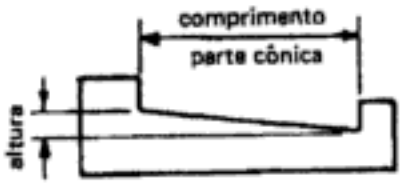


Fig. 3.81

$$\text{Conicidade} = \frac{1}{\frac{\text{comprimento}}{\text{altura}}}$$

Explicação: Dividimos 1 pelo comprimento da parte cônica e o resultado dividimos pelo valor da altura.

Como achar a medida do cone maior

Tendo-se achado as demais medidas e desejando-se a do cone maior:

Ex.: Comprimento da parte cônica 65 mm, diâmetro menor 4 mm, conicidade 1/50.

$$\text{Diâmetro maior} = \text{Diâmetro menor} + 2\left(\frac{1 \times \text{comprimento}}{50}\right) =$$

$$\text{Diâmetro maior} = 4 + 2\left(\frac{1 \times 65}{50}\right) = 4 + 2\left(\frac{65}{50}\right) = 4 + 2\,(1{,}3) = 4 + 2{,}6 = 6{,}6 \text{ mm}$$

Outras fórmulas de cálculo de conicidade

$$\text{Conicidade} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor}}{\text{Comprimento}}$$

$$\text{Semi-conicidade} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{diâmetro menor}}{2 \times \text{comprimento}}$$

Transformação de conicidade em polegadas para pés	Transformação de conicidade em milímetros para centímetros
$\frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor}}{\text{comprimento do cone}} \times 12$	$\frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor em mm}}{\text{comprimento do cone}} = \frac{\text{mm}}{\text{cm}}$

Obs.: 1 pé = 12 polegadas = 0,3048

Material chroniony prawem autorskim

Cálculo do torneamento cônico em milímetros

Tendo-se o ângulo, com a fórmula abaixo pode-se fazer o cálculo em milímetros.

$$\text{Milímetros} = \frac{\text{Perímetro da peça} \times \text{metade do ângulo do cone}}{360} \text{ ou } \frac{3{,}14 \text{ d } \frac{\text{âng.}}{2}}{360}$$

Não se conhecendo o ângulo, temos:

$$\text{Milímetros} = \frac{\text{Diâmetro da peça} \times (\text{Diâmetro maior} - \text{diâmetro menor})}{4 \times \text{comprimento do cone}}$$

A régua de cone deve ser usada em peças com ângulos do cone até 10° e um comprimento de torneamento até 500 mm.
O deslocamento da régua de cone em milímetros se faz até a metade do ângulo da peça cônica, ou seja: $\frac{\text{ângulo do cone}}{2}$

A fórmula para cálculo é:

$$\text{Deslocamento da régua do cone} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor}}{2} \times \frac{\text{comprimento L}}{\text{comprimento do cone da peça l}}$$

$$\text{Tangente do ângulo} = \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{diâmetro menor}}{2 \times \text{comprimento da peça}}$$

Diâmetro menor = Diâmetro maior – 2 × comprimento × tangente do ângulo

$$\% \text{ de conicidade} = 100 \frac{\text{Diâm. maior} - \text{diâm. menor}}{\text{comprimento}} = 200 \times \text{tangente do âng.}$$

$$\% \text{ de conicidade} = 100 \frac{\text{Diâmetro maior} - \text{Diâmetro menor}}{\text{comprimento}} = 200 \times \text{tangente do âng.}$$

$$\text{Tangente do ângulo} = \frac{\% \text{ Conicidade}}{200}$$

Material chroniony prawem autorskim

$$\text{Diâmetro menor} = \frac{\text{comprimento} \times \% \text{ conicidade}}{100}$$

Como aumentar a precisão de medidas no carrinho transversal

Faz-se o desbaste no carro transversal, passando-se a fazer o acabamento no carro superior, operando com a seguinte fórmula:

$$\text{Seno} = \frac{\text{Avanço desejado no carro superior}}{\text{Avanço por divisão do anel do carro superior}}$$

Traçagem e torneamento de peças excêntricas

Os dispositivos automáticos modernos aplicam muito peças excêntricas. Vejamos alguns exemplos de traçagem e torneamento.

1º) Tornear a peça em seu comprimento, facear os extremos, e verificar se ficou centrada.

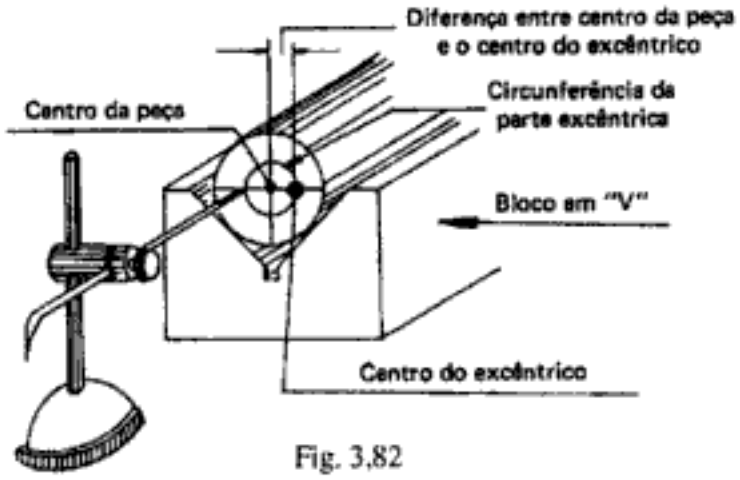

Diferença entre centro da peça e o centro do excêntrico
Centro da peça
Circunferência da parte excêntrica
Bloco em "V"
Centro do excêntrico

Fig. 3.82

2º) Com o compasso de pontas, ou com o graminho, traçar o centro da peça e o centro do excêntrico em ambas as extremidades, conforme a figura 3.82.

3º) Prendendo entre pontas tornear o diâmetro maior (diâmetro inicial da peça). (Fig. 3.83)

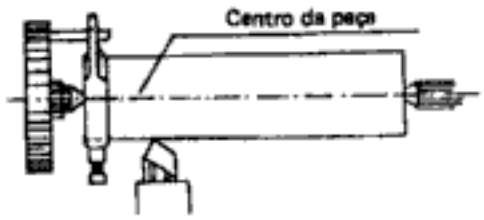


Fig. 3.83

Material chroniony prawem autorskim

4º) Deslocar a peça para o centro do futuro excêntrico (parte do diâmetro menor). A figura 3.84 esclarece melhor o ato de tornear.

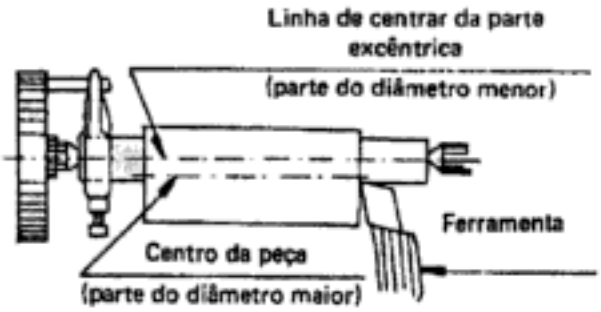


Fig. 3.84

Traçagem e torneamento de peças com pequenos excêntricos

Neste caso, não dando os diâmetros das peças para receberem dois centros ao mesmo tempo, procede-se da seguinte forma:

1º) Com o material um pouco mais longo do que a medida da futura peça, tornear o diâmetro maior (diâmetro natural).

2º) Centrada a peça, facear ambas as pontas até o ponto onde possa receber nova marcação de centro, e que deve coincidir com o comprimento da futura peça.

3º) Traçar agora o centro da parte excêntrica em ambas as extremidades.

4º) Prender a peça entre pontas, pela linha de centro da nova marcação (no exemplo, o diâmetro menor), tornear conforme a figura 3.85.

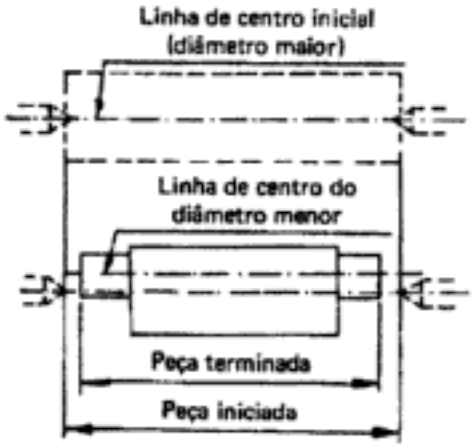


Fig. 3.85

Verificação das peças excêntricas

Exemplo: Seja uma peça de diâmetro inicial 30 mm (*D* maior), diâmetro da parte excêntrica 20 mm (*d* menor), diferença entre os dois centros de 5 mm,

Material chroniony prawem autorskim

usando um bloco de apoio de 20 mm. Para acharmos a medida necessária para os blocos *"a"* e *"b"* (figura 3.86) e demais cálculos, temos:

$$\text{Medida a e b} = \text{Diferença dos 2 centros} + \text{½ diâm. peça} + \text{Bloco apoio C} - \text{½ diâm. parte excêntrica}$$

$$5\text{ mm} + 15 + 20 - 10 = 30\text{ mm}$$

Para outros cálculos, temos:

$$\text{Diferença entre os 2 centros} \quad (a + b + c) \times \frac{(D - d)}{2}$$

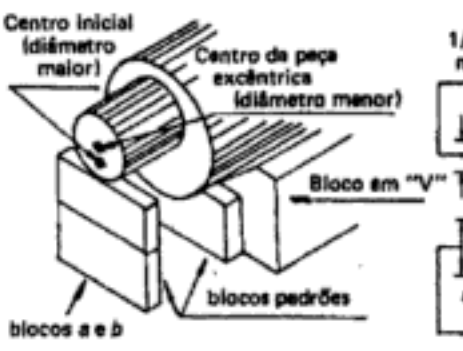


Fig. 3.86

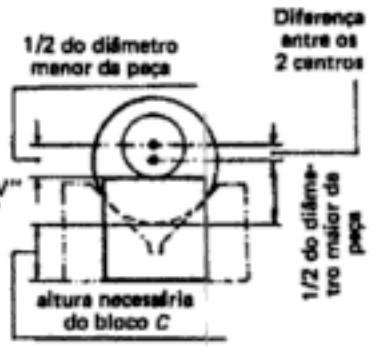


Fig. 3.87

Traçagem de peças excêntricas em posições angulares

1º) Colocar a peça já faceada e no seu comprimento, no bloco "V". Com o graminho, traçar os 2 diâmetros em ambas as faces. (Figs. 3.86 e 3.87)

2º) Marcar com punção fino.

3º) Com o compasso aberto na dimensão do raio do excêntrico, traçar um círculo. (Fig. 3.88)

4º) Quando os centros guardam posição angular, dividir o círculo traçado, conforme os graus. (Ver tabs. 15.4 e 15.5)

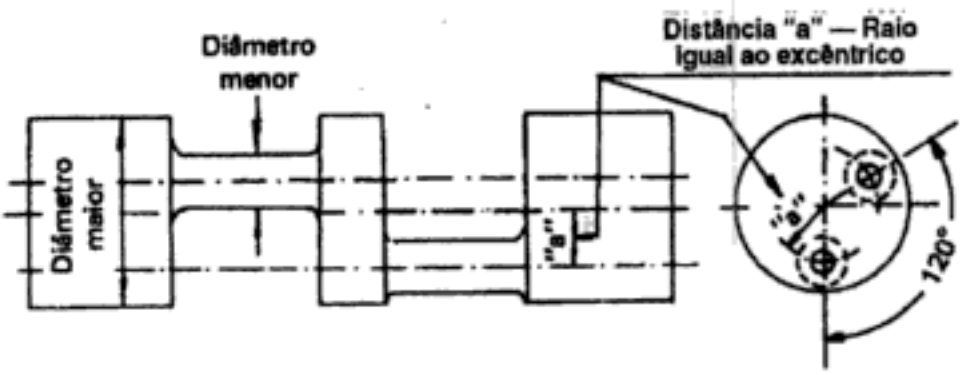


Fig. 3.88

Material chroniony prawem autorskim

Operações em roscas

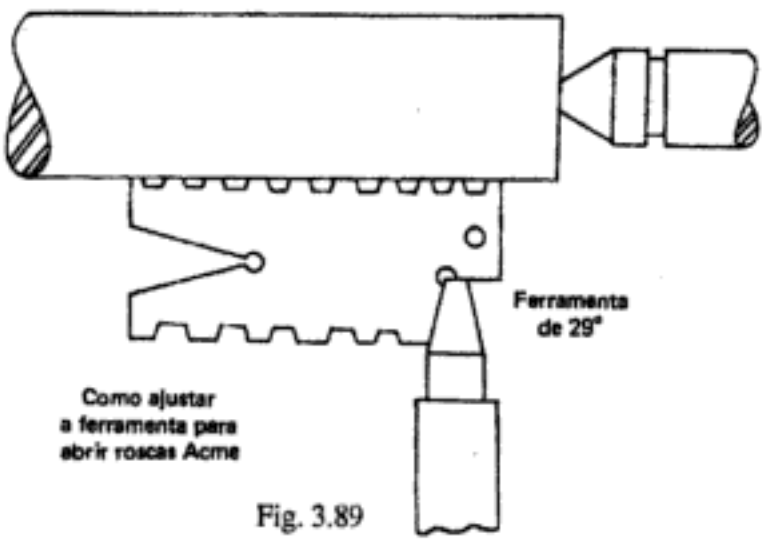


Fig. 3.89

Acertando a ferramenta

Na abertura de roscas



Fig. 3.90

A medição correta de roscas

A medição abaixo dará uma medida incorreta da rosca. Observe à esquerda a medida que realmente se quer; mas muitas vezes se obtém uma medida pouco maior, como a do lado direito. (Fig. 3.91)

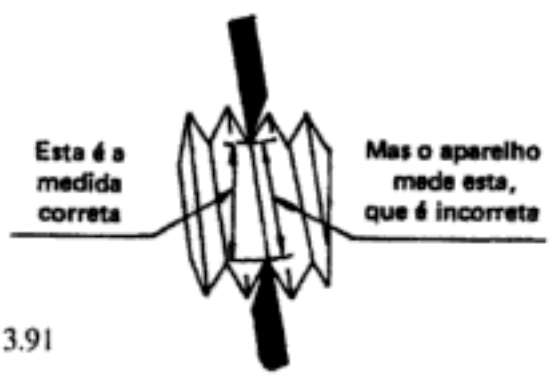


Fig. 3.91

Material chroniony prawem autorskim

A figura 3.92 mostra a medição com o uso de cilindros retificados ou arames calibrados. A escolha do diâmetro dos arames se faz mediante o cálculo:

PARA ROSCAS DE 55°		PARA ROSCAS DE 60°	
Ótimo	0,563669 × passo	Ótimo	0,57735 × passo
Mínimo	0,50568 × passo	Mínimo	0,50518 × passo
Máximo	0,85272 × passo	Máximo	1,01036 × passo

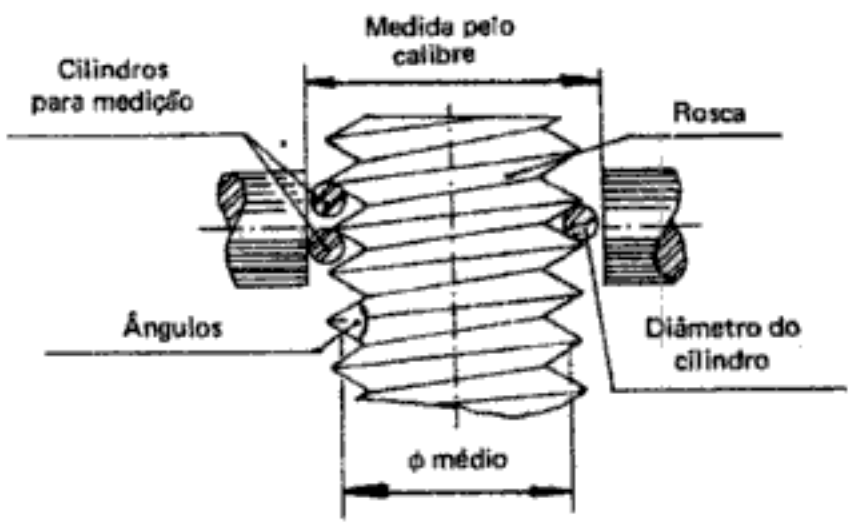


Fig. 3.92

Os cálculos para a medida sobre os calibres se faz como explicado abaixo.

ROSCAS WHITWORTH 55°

$$\text{Medida sobre os arames} = \text{Diâm. médio} - 0{,}96049 \times \text{passo} + 3{,}16557 \times \text{diâm. do arame}$$

ROSCAS MÉTRICAS E AMERICANAS 60°

$$\text{Medida sobre os arames} = \text{Diâm. médio} - 0{,}86603 \times \text{passo} \times 3 \times \text{diâmetro do arame}$$

Sendo: M = medida sobre os arames
P = passo
Dm = diâmetro médio da rosca
d = calibre do arame
Dn = diâmetro do núcleo
D = diâmetro nominal

Material chroniony prawem autorskim

Temos: *Para rosca métrica:*

$$\boxed{M = Dn + (3 \times d)} \quad \text{ou} \quad \boxed{M = (D - 1{,}5155 \times p) + 3 \times d}$$

$$M = Dm - 0{,}86603 \times p \times 3 \times d \qquad Dn = D - 1{,}515 \times p$$

$$\boxed{Dm = D - 0{,}6495 \times p} \qquad Dm = M - 1{,}5 \times d$$

$$\boxed{d = \frac{p}{1{,}732}} \quad \text{(SI ou "Sellers") ou } 0{,}577 \times p$$

Para rosca "Whitworth" 55°:

$$\boxed{M = Dn + (3{,}165 \times d)}$$

$$\boxed{M = (D - 1{,}6008 \times p) + 3{,}165 \times d}$$

$$M = Dm - 0{,}96049 \times p + 3{,}1655 \times d \qquad Dn = D - (1{,}6 \times p)$$

$$\boxed{Dm = D - (0{,}6403 \times p)} \qquad Dm = 1{,}462 \times d \qquad \boxed{d = \frac{p}{1{,}774}}$$

Para rosca trapezoidal (30°). Normalizada.

$$\boxed{M = Dn + 4{,}864 \times d}$$

$$\boxed{\text{ou } M = (D - 2{,}366 \times p) + 4{,}864 \times d}$$

$$Dn = D - 2{,}366 \times p$$

Cálculos úteis sobre molas helicoidais

Sendo: *Pot* = carga máxima admissível em kg
Dm = diâmetro médio da mola
d = diâmetro do arame
F = flecha em mm, deslocamento com a carga

$$Pot = \frac{16 \times d3}{Dm} \qquad Dm = \frac{16 - d3}{Pot} \qquad F = \frac{Dm^2}{60 \times d}$$

Estas molas helicoidais podem ser executadas enrolando-as no torno.

Materiał chroniony prawem autorskim

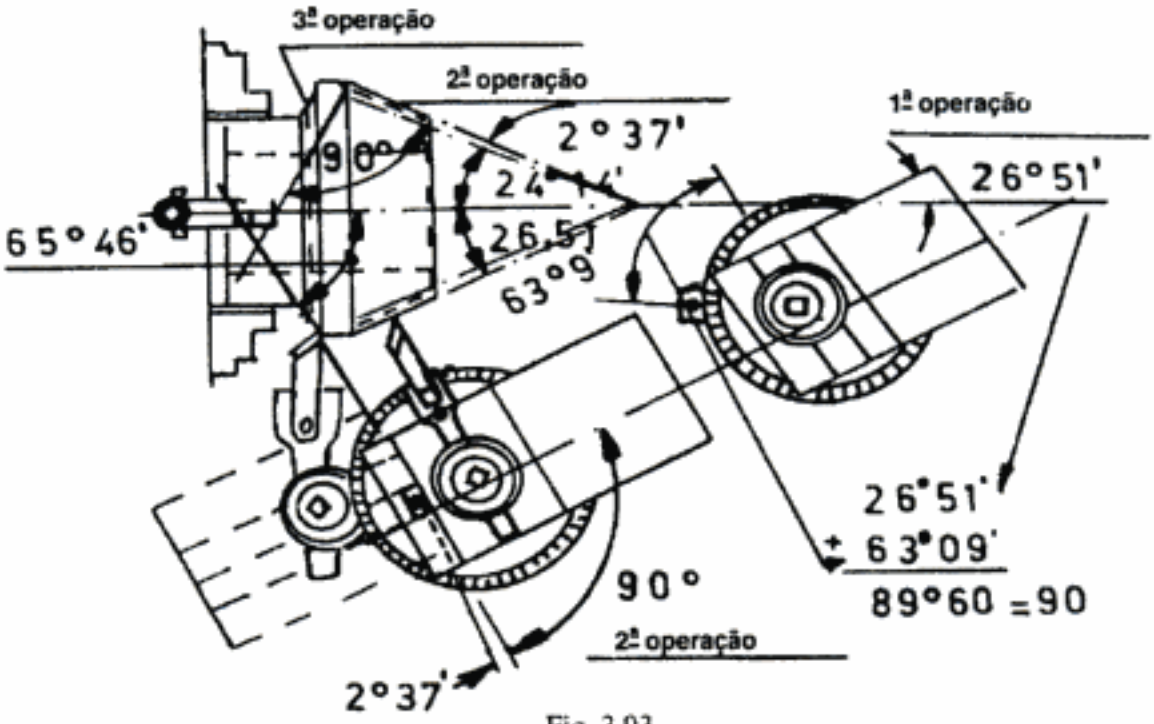


Fig. 3.93

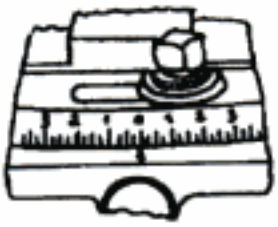


Fig. 3.94

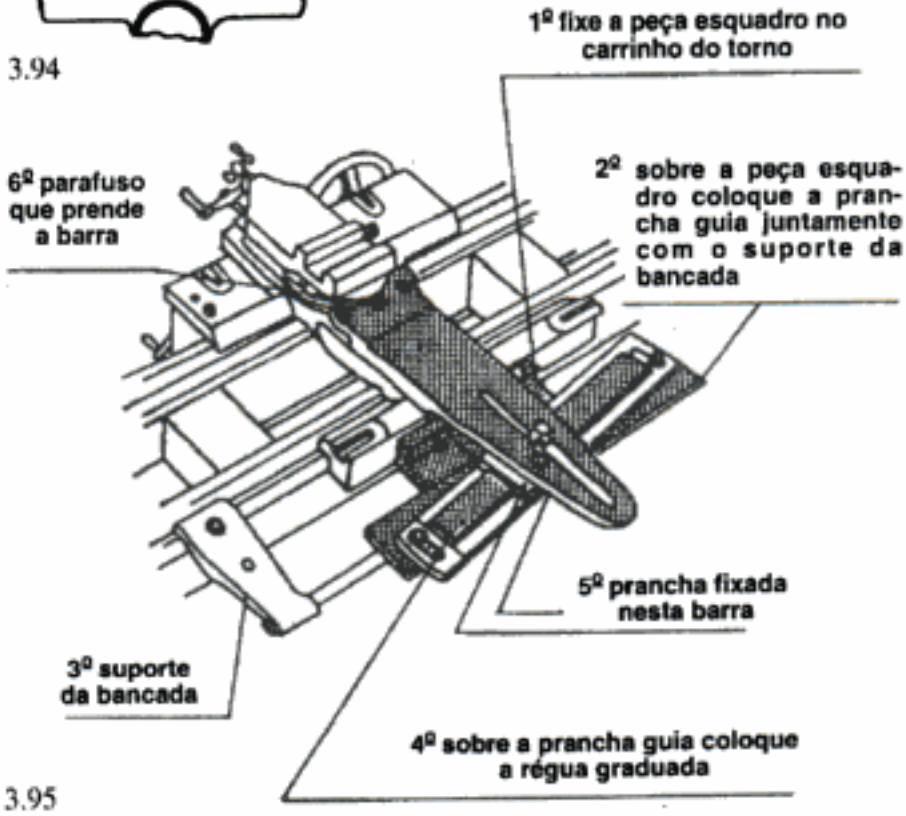

1º fixe a peça esquadro no carrinho do torno
2º sobre a peça esquadro coloque a prancha guia juntamente com o suporte da bancada
6º parafuso que prende a barra
5º prancha fixada nesta barra
3º suporte da bancada
4º sobre a prancha guia coloque a régua graduada

Fig. 3.95

Materiał chroniony prawem autorskim

A abertura de roscas no torno

Abaixo vemos a parte mecânica mais responsável pela abertura de roscas no torno. Para o ensino dos cálculos das engrenagens chamamos de motoras ou condutores as que dão movimento inicial.

São engrenagens movidas ou conduzidas as que recebem movimento das motoras. **Regra a observar**:

n 1 = 1º condutora
n 3 = 2º condutora
n 2 = 1º conduzida
n 4 = 2º conduzida

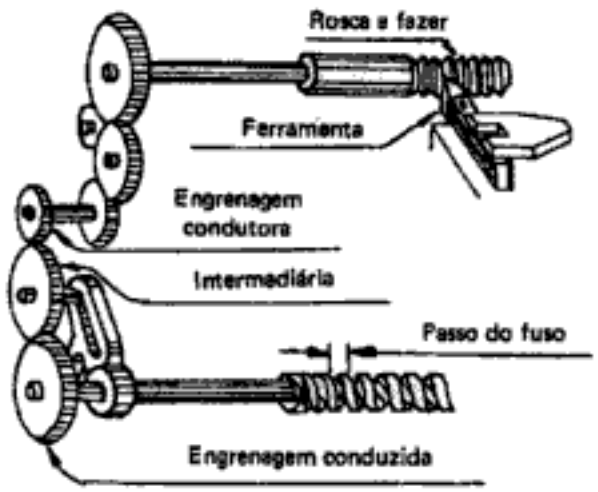


Fig. 3.96

1º O número de dentes do 1º jogo de engrenagens (n 1 e n 2) deve sempre ser maior do que a engrenagem seguinte (n 3).

Então:

n 1 + n 2 maior do que n 3

2º O número de dentes do 2º jogo de engrenagens (n 3 e n 4) deve ser maior do que a engrenagem anterior (n 2).

Então:

n 3 + n 4 maior do que n 2

Cálculo de engrenagens para tornear roscas

Tornos com fuso em filetes por polegada e rosca a executar também com filetes por polegada.

1º) Determinamos o número de filetes ou fios por polegada existente no parafuso de avanço do torno, mais conhecido por fuso, e na rosca a executar,

Material chroniony prawem autorskim

através de uma escala ou com maior precisão, através de um verificador de roscas. (Fig. 9.1)

De posse do número de filetes do fuso e da rosca a abrir, estabelecemos uma relação para acharmos as engrenagens.

1º Exemplo: Assim, seja abrir uma rosca de 8 filetes por polegada em um torno de 4 filetes por polegada no fuso.

1) $$\frac{\text{Filetes fuso} \times \text{um número condicional conforme explicação}}{\text{Filetes rosca} \times \text{mesmo número adotado acima}} = \frac{\text{Engrenagem condutora}}{\text{Engrenagem conduzida}}$$

2) $$\frac{4 \times 5}{8 \times 5} = \frac{20}{40}$$

2) Substituindo os dados pelos valores e multiplicando pelo número condicional.

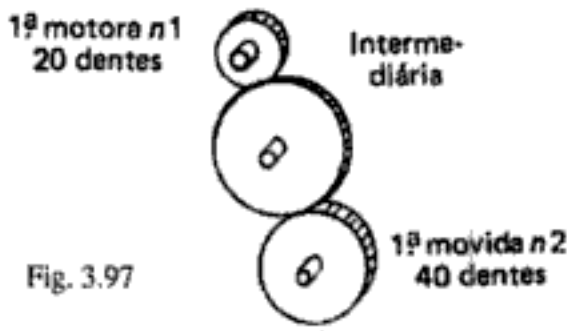


Fig. 3.97

Não é qualquer número que, multiplicado pela relação, pode resultar em número que conste do jogo de engrenagens existentes no torno. Daí o chamarmos, para melhor explicação, de número condicional.

A maior parte dos tornos possui jogos de engrenagens de 20 a 120 dentes, indo de 5 em 5, isto é:

Relação mais comum das engrenagens nos tornos: 20 dentes, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, e uma de 127 dentes para casos de rosca de passo milimétrico. Esta relação varia de acordo com a fabricação e marca do torno, possuindo, alguns, engrenagens de 36 e 97 dentes. Por outro lado, é comum também constar na relação 2 engrenagens de 20 dentes ou 2 de 40 dentes.

Desse modo, o número condicional que temos que multiplicar, conforme a fórmula acima, deve dar como resultado números que constem da relação de engrenagens de mudança, existente no conjunto do torno.

Material chroniony prawem autorskim

Se resultar em número menor que 20 ou acima de 120 (exceção à de 127), não estaremos dentro da relação de engrenagens que dispomos.

2º) Que combinação de engrenagens devemos utilizar em um torno de 8 filetes por polegada no fuso, para obtermos uma rosca de 12 filetes por polegada?

SOLUÇÃO EXPLICAÇÃO

1) $$\frac{\text{Filetes fuso} \times \begin{matrix}\text{um número condicional}\\ \text{conforme explicação}\end{matrix}}{\text{Filetes rosca} \times \begin{matrix}\text{mesmo número}\\ \text{adotado acima}\end{matrix}} = \frac{\begin{matrix}\text{Engrenagem}\\ \text{motora}\end{matrix}}{\begin{matrix}\text{Engrenagem}\\ \text{movida}\end{matrix}}$$

2) $\frac{8}{12} = \frac{\text{Engrenagem motora}}{\text{Engrenagem movida}}$ — 2) Substituindo os dados pelos valores.

3) $\frac{8 \times 5}{12 \times 5} = \frac{40}{60}$ — 3) Multiplicando ambos os dados pelo mesmo nº 5, achamos 40 dentes para a engrenagem motora e 60 para a movida.

ou ainda:

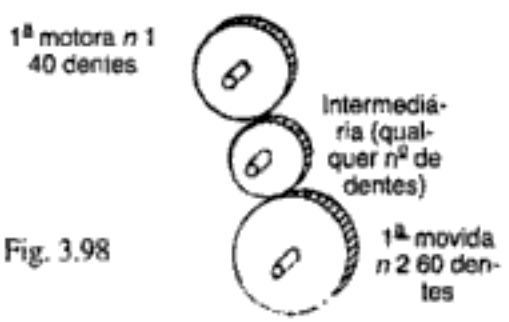


Fig. 3.98

Se multiplicarmos ambos os dados por 10, poderemos ainda usar uma engrenagem motora de 80 dentes e uma movida de 120 dentes.

$$\frac{8 \times 10}{12 \times 10} = \boxed{\frac{80}{120}}$$

Resposta: Engrenagem motora 40 dentes (colocar na árvore) e engrenagem movida 60 dentes (colocar no fuso) ou então 60 dentes como motora e 120 como movida.

Casos que necessitam usar 4 ou mais engrenagens

Material chroniony prawem autorskim

Quando o número de filetes da rosca é muito grande em relação ao do parafuso de avanço ou fuso, torna-se difícil, e às vezes impossível, achar um número que, multiplicado, dê duas engrenagens que de fato se disponham na coleção do torno.

Estes casos exigem 4 engrenagens.

1º Ex.: Quais as engrenagens para abrir uma rosca de 28 filetes em um torno de filetes?

1) $$\frac{\text{Filetes fuso} \times \begin{matrix}\text{um número condicional}\\ \text{conforme explicação}\end{matrix}}{\text{Filetes rosca} \times \begin{matrix}\text{mesmo número}\\ \text{adotado acima}\end{matrix}} = \frac{\begin{matrix}\text{Engrenagens}\\ \text{motoras}\end{matrix}}{\begin{matrix}\text{Engrenagens}\\ \text{movidas}\end{matrix}}$$

2) $\frac{4 \times 5}{28 \times 5} = \frac{20}{140}$

2) Substituindo os dados pelos valores, e multiplicando ambos os números 4 e 28 por 5, achamos 20 e 140. Ora, não possuímos no torno engrenagem de 140 dentes, sinal de que o número escolhido, isto é, 5, foi muito grande. Mas se, por outro lado, multiplicarmos por número menor ainda, teremos uma engrenagem motora de número de dentes abaixo de 20, o que também não possuímos na coleção do torno. Precisamos operar, então, com 4 engrenagens. Para isto, começamos por decompor a relação $\frac{4}{28}$ em seus fatores.

3) $\frac{4}{28} = \frac{2 \times 2}{4 \times 7}$

3) O número 4 pode ser decomposto em 2×2 que vem a ser 4 da mesma forma. O número 28 pode ser decomposto em 4×7 que vem a ser 28 da mesma forma. Decompor um número é dispô-lo em outra forma, desmembrando-o sem mudar o seu valor anterior. Assim, 4 foi decomposto em 2×2 porque vem a dar 4 da mesma forma. E 28 pôde ser decomposto em 4×7 como também poderia ser decomposto em $8 \times 3{,}5$.

Materiał chroniony prawem autorskim

4) $\frac{2 \times 15}{4 \times 15} = \boxed{\frac{30}{60}}$ e

$\frac{2 \times 10}{7 \times 10} = \boxed{\frac{20}{70}}$

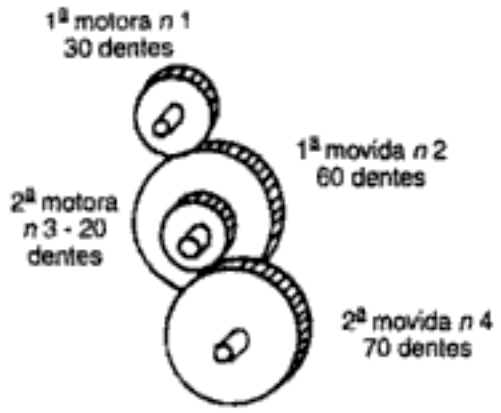


Fig. 3.99

Veja a montagem na fig. 3.99.

4) $\frac{2}{4}$ é uma das relações do jogo de engrenagens. Multiplicado por 15, nos dá 30 como engrenagem condutora e 60 como conduzida.

$\frac{2}{7}$ é a outra relação. Multiplicando-se por 10 cada número, temos: 20 e 70.

Resposta: Para engrenagens condutoras, 30 e 20 e para conduzidas, 60 e 70.

Podemos estabelecer outra disposição nas engrenagens, desde que as condutoras continuem girando como condutoras e o mesmo acontecendo com as conduzidas.

2º Ex.: Tornear uma rosca de 30 filetes por polegada em um torno cujo parafuso de avanço (fuso) tem 4 filetes.

1) $$\boxed{\frac{\text{Filetes fuso} \times \begin{matrix}\text{um número condicional}\\ \text{conforme explicação}\end{matrix}}{\text{Filetes rosca} \times \begin{matrix}\text{mesmo número}\\ \text{adotado acima}\end{matrix}} = \frac{\begin{matrix}\text{Engrenagem}\\ \text{motora}\end{matrix}}{\begin{matrix}\text{Engrenagem}\\ \text{movida}\end{matrix}}}$$

$\frac{4 \times 5}{30 \times 5} = \frac{20}{150}$

Multiplicando por 5, obtemos 20 e 150. Ora, não possuímos na coleção de torno engrenagem de 150 dentes. Por outro lado, se multiplicarmos por um número condicional mais baixo, obteremos um número menor do que 20 para engrenagem motora, o que também não temos. Donde se deduz que teremos que lançar mão de 2 ou mais jogos de engrenagens.

Material chroniony prawem autorskim

Assim:

2) $\frac{4}{30} = \frac{2 \times 2}{5 \times 6}$

3) $\frac{2 \times 15}{5 \times 15} = \boxed{\frac{30}{75}}$

$\frac{2 \times 10}{6 \times 10} = \boxed{\frac{20}{60}}$

2) A primeira coisa a fazer é decompor ambos os números da relação $\frac{4}{30}$ em seus fatores. Assim, 4 pode ser decomposto em 2×2 e 30 em 5×6. Observe que ao decompor, não há modificação no resultado total do número. Assim, $2 \times 2 = 4$ e $5 \times 6 = 30$.

Com a decomposição, obtemos $\frac{2 \times 2}{5 \times 6} \cdot \frac{2}{6}$ é, pois, a relação do 1º jogo de engrenagens. Multiplicando por 15 temos 30 para condutora e 75 para conduzida. A relação do 2º jogo de engrenagens é $\frac{2}{6}$. Com a multiplicação por 10, temos 20 e 60. Caso queira, podemos ainda achar outros jogos de engrenagens multiplicando por outros números condicionais. Assim:

$\frac{2 \times 10}{5 \times 10} = \boxed{\frac{20}{50}}$ ou ainda $\frac{2 \times 20}{5 \times 20} = \boxed{\frac{40}{100}}$ como 1º jogo

$\frac{2 \times 15}{6 \times 15} = \boxed{\frac{30}{90}}$ ou ainda $\frac{2 \times 20}{6 \times 20} = \boxed{\frac{40}{120}}$ como 2º jogo

Então: motoras = 20 e 30 ou 30 e 40
movidas = 50 e 100 ou 90 e 120

Cálculo de roscas com filetes fracionários

Muitas vezes uma rosca não tem exatamente 8, 10, 11 ou 12 filetes por polegada, mas umas frações de filetes a mais, como por exemplo 1/2 filete ou 1/4 de filete.

1º Ex.: *Abrir uma rosca de 8 1/2 filetes por polegada em um torno de 4 filetes por polegada no fuso.*

Material chroniony prawem autorskim

1) $\boxed{\frac{\text{filetes do fuso}}{\text{filetes da rosca}} \quad \frac{\text{Engr. motoras}}{\text{Engr. movidas}}}$ 1) Fórmula

2) $\frac{4}{8\ 1/2}$ 2) Substituindo os dados pelos números, temos $\frac{4}{8\ 1/2}$

3) $8\ 1/2 = \frac{17}{2}$ 3) Inicialmente transformamos 8 ½ em fração imprópria, isto é, multiplicamos 8 pelo denominador da fração (número de baixo) e o resultado somamos com o numerador (número de cima) (1). Temos 17 que conservamos com o mesmo denominador (2) resultando $\frac{17}{2}$ que tem o mesmo valor de 8 ½.

4) $\frac{4}{1} \times \frac{2}{17} = \frac{8}{17}$ 4) Para dividirmos um número inteiro por uma fração, fazemos: a) Colocamos o número 1 embaixo do número a dividir. Em nosso caso $\frac{4}{1}$; b) Mudamos o sinal de dividir pelo de multiplicar; c) Invertemos a fração seguinte, isto é, $\frac{2}{17}$. O número 2 passa para cima, como numerador, e o 17 para baixo, como denominador. Fica, então, $\frac{4}{1} \times \frac{2}{17}$ que multiplicado nos dá 8/17.

5) $\frac{8 \times 5}{17 \times 5} = \frac{40}{85}$ 5) $\frac{8}{17}$ já é a relação de engrenagens. Multiplicada pelo número condicional, em nosso caso 5, temos: $\frac{8 \times 5}{17 \times 5} = \frac{40}{85}$.

Resposta: Engrenagem motora = 40 dentes
Engrenagem movida = 85 dentes.

2º Ex.: *Com jogo de 4 engrenagens*

1º) Abrir uma rosca de 12 ¼ filetes por polegada em um torno de 4 filetes no fuso.

Materiał chroniony prawem autorskim

1) $\dfrac{\text{Filetes fuso}}{\text{Filetes fracionários da rosca}} = \dfrac{\text{Engr.motoras}}{\text{Engr. movidas}}$ — 1) Fórmula

2) $4 \div 12\frac{1}{4}$ — 2) Substituindo os dados pelos valores.

3) $\dfrac{4}{1} \div \dfrac{49}{4}$ — 3) Transformamos 12 ¼ em fração imprópria, multiplicando 12 por 4 e somando com 1. Temos, então, $\dfrac{49}{4}$.

4) $\dfrac{4}{1} \times \dfrac{4}{49} = \dfrac{16}{49}$ — 4) Para dividirmos, colocamos 4 sobre 1, mudamos o sinal de ÷ por × e invertemos a segunda fração, isto é, $\dfrac{49}{4}$ que passa a $\dfrac{4}{49}$. Temos, então, $\dfrac{4}{1} \times \dfrac{4}{49} = \dfrac{16}{49}$

5) $\dfrac{16}{49} = \dfrac{4 \times 4}{7 \times 7}$

$\dfrac{4 \times 5}{7 \times 5} = \dfrac{20}{35}$

$\dfrac{4 \times 10}{7 \times 10} = \dfrac{40}{70}$

5) A relação achada - só pode ser resolvida usando dois jogos de engrenagens ao invés de um, somente, pois se multiplicarmos por 5 teremos no denominador um número muito alto de dentes de engrenagens que não dispomos na coleção do torno.

Assim: $\dfrac{16 \times 5}{49 \times 5} = \dfrac{80}{245}$.

Necessitamos, então, decompor esta relação, que fica assim: $\dfrac{16}{49} = \dfrac{4 \times 4}{7 \times 7}$.

Se multiplicarmos ambas as relações por um número, digamos, por 5, teremos engrenagens repetidas, $\dfrac{4 \times 5}{7 \times 5} = \dfrac{20}{35}$.

Dificilmente teremos no torno 2 engrenagens de 35, daí o fato de multiplicarmos uma das relações por 5 e a outra por 10.

Então:

$\dfrac{4 \times 5}{7 \times 5} = \dfrac{20}{35}$ ou $\dfrac{4 \times 15}{7 \times 15} = \dfrac{60}{105}$

$\dfrac{4 \times 10}{7 \times 10} = \dfrac{40}{70}$

Resposta: motoras = 20 e 40 ou 60 e 40
movidas = 35 e 105 ou 35 e 70

Materiał chroniony prawem autorskim

Outras indicações para cálculos de engrenagens

Caso de tornos de fuso em filete por polegada e rosca com passo em polegada

Neste caso a fórmula é:

$$\text{Filetes fuso} \times \text{passo da rosca} = \frac{\text{Engrenagens motoras}}{\text{Engrenagens movidas}}$$

Caso em que o fuso do torno está em passo por mm, e a rosca também em passo por mm

$$\frac{\text{Passo da rosca em mm}}{\text{Passo do fuso em mm}} = \frac{\text{Engrenagens motoras}}{\text{Engrenagens movidas}}$$

Caso em que o fuso do torno está em passo por polegada, e a rosca a fazer em passo por mm

1º Regra — Transformamos o passo do fuso em polegadas, para número de filetes por polegada.

2º Regra —Transformamos o passo da rosca em mm, para passo em fração de mm em relação ao valor da polegada

Como calcular rosca módulo de torno de fuso em polegada usando engrenagens de 97 dentes

Adotamos a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{engrenagem da árvore}}{\text{engrenagem do fuso}} = \frac{\text{filete fuso} \times \text{módulo da rosca} \times 12}{97}$$

sendo 12 e 97 constantes que se usam na fórmula.

Como calcular o ângulo de inclinação de uma rosca de uma engrenagem helicoidal

$$\text{número da tangente} = \frac{\text{passo da rosca sem fim}}{\text{diâmetro primitivo da rosca} \times 3{,}14}$$

Obtido o número da tangente, a tabela de tangente nos dá o ângulo corresponte.

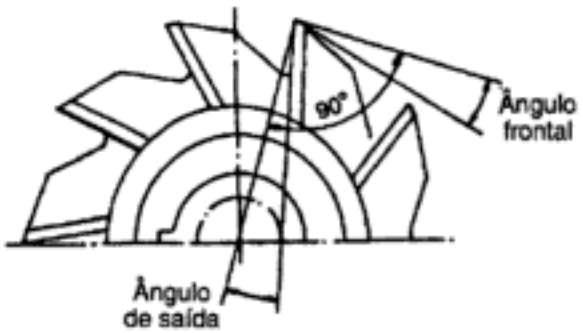
Materiał chroniony prawem autorskim

Capítulo 4

Fresas

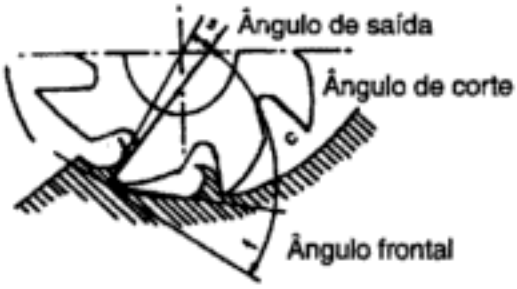
Ângulo de corte das fresas

Fig. 4.1



Material a trabalhar	∠ de saída	∠ de folga
Alumínio e ligas macias	23 a 28°	8 a 10°
Alumínio e ligas duras	15°	7 a 8°
Ferro fundido cinzento	10°	6°
Aço 40 a 45 kg/mm^2	18°	7 a 8°
Aço 50 a 60 kg/mm^2	15 a 16°	7°
Aço 65 a 75 kg/mm^2	10°	6°
Aço 80 a 95 kg/mm^2	8°	5°
Bronze duro e latão		7 a 8°

Fig. 4.2



Na falta de fresas com as variações de ângulos acima, tomar como de maior rendimento, para as variedades de materiais como aço, ferro fundido, bronzes duros e ligas duras de alumínio, a fresa com 10° de ângulo de saída e 5° de folga.

Materiał chroniony prawem autorskim

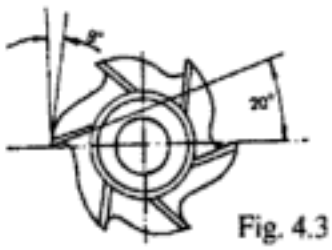


Fig. 4.3

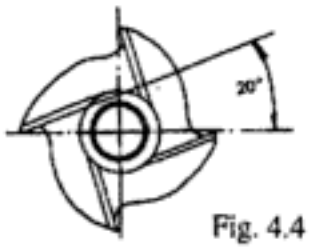


Fig. 4.4

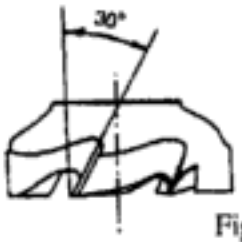


Fig. 4.5

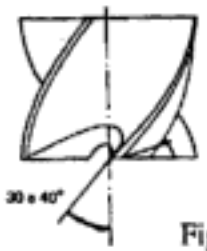


Fig. 4.6

Ferramentas de fresagem para ligas leves

O passo das fresas em relação ao material a trabalhar



Passo grande
Metal leve
Fig. 4.7



Passo médio
Aço macio
Fig. 4.8



Passo pequeno
Aço duro
Fig. 4.9

Como afiar as fresas

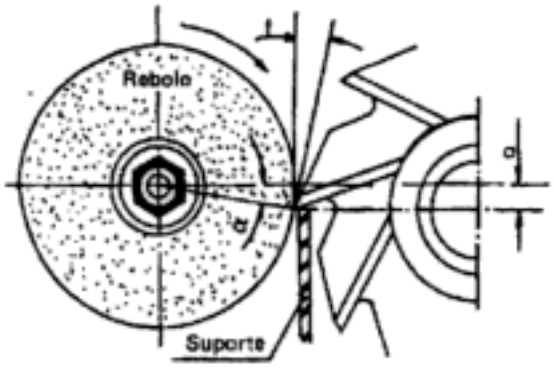


Fig. 4.10

a) diferença de altura entre o centro da fresa e o rebolo
d) raio do rebolo × seno de *f*
f) ângulo de folga do dente da fresa

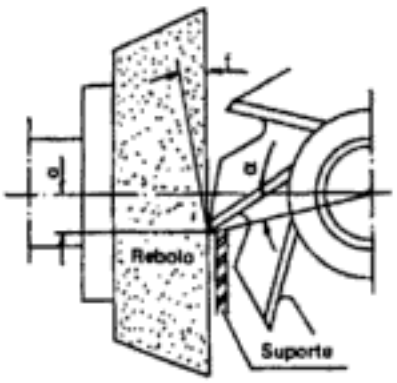


Fig. 4.11

a) diferença de altura entre o centro da fresa e o rebolo
d) raio da fresa × seno de *f*
f) ângulo de folga do dente da fresa

Material chroniony prawem autorskim

Rebolos recomendados

Para fresas até 4" de diâmetro pode-se usar rebolos planos
Para fresas maiores, usar rebolos de copo
Fresas para engrenagens (Fellows) AA60-J6-V. D 180 B 100
Fresas para engrenagens helicoidais AA46-J6-V D 180 B 100
Fresas de topo postiço AA60-J7-V . . . . . D 180 B 100
Fresas espirais AA60-J6-V . . . . . D 180 B 100
Fresas de facear AA46-J6-V GC6018V

Tabela 4.1

Como regular as distâncias entre o rebolo, a fresa e os suportes de apoio na afiação (Ver figs. 4.10 e 4.11)

Medidas dos raios dos rebolos ou das fresas	Para ângulo de folga de 5°	Para ângulo de folga de 6°	Para ângulo de folga de 8°	Para ângulo de folga de 10°
Distância *a* entre o rebolo, a fresa e o suporte em mm				
5	0,43	0,52	0,70	0,87
7,5	0,65	0,78	1,04	1,3
10	0,87	1,04	1,39	1,74
12,5	1,1	1,3	1,74	2,17
15	1,3	1,57	2,1	2,6
20	1,75	2,1	2,78	3,5
25	2,17	2,61	3,47	4,34
30	2,61	3,3	4,17	5,20
35	3,04	3,65	4,86	6,07
40	3,48	4,18	6,56	6,94
45	3,90	4,70	6,25	7,81
50	4,34	5,22	6,94	8,68
57,5	5,06	6	7,98	9,98

Cálculos de fresa

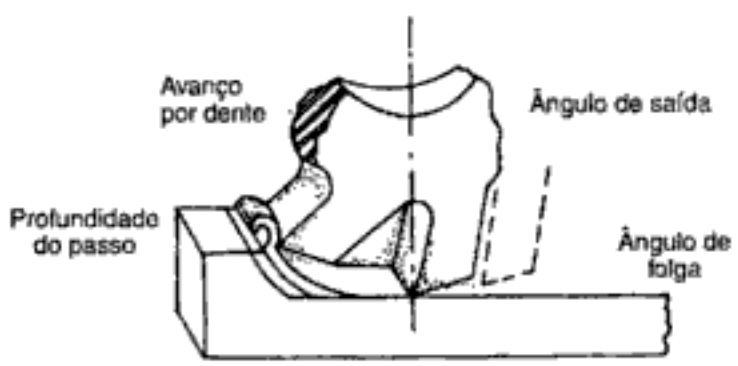


Fig. 4.12

Materiał chroniony prawem autorskim

Como calcular o avanço por dente da fresa

$$\text{Avanço por dente da fresa} = \frac{\text{avanço por rotação da fresa}}{\text{número de dentes da fresa}}$$

ou

$$\text{Avanço por dente da fresa} = \frac{\text{avanço da mesa em } {}^{mm}/_{min}}{\text{número de dentes da fresa} \times \text{Rpm}}$$

(Rpm =rotação por minuto da fresa)

Como calcular o avanço que a fresa dá em cada rotação

$$\text{Avanço por rotação da fresa} = \frac{\text{avanço da mesa em mm/min}}{\text{Rpm}}$$

$$\text{Secção média da fita de cavaco} = \frac{\text{Avanço da mesa em mm/min}}{\text{número de dentes da fresa} \times \text{Rpm}} \times \sqrt{\frac{\text{Prof. corte em mm}}{\text{Diâm. fresa em mm}}}$$

Veja explicações e exemplos de cálculos nas páginas seguintes.

Tendo a fresa que estamos calculando o avanço de 125 mm/min e 33 Rpm, o cálculo se fará da seguinte forma:

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $\text{avanço} = \frac{\text{Velocidade de avanço}}{\text{Rpm}}$	1) Fórmula.
2) $a = \frac{125\ mm/min}{33\ Rpm}$	2) Substituindo as letras pelos números.
3) $a = 3{,}78\ mm$	3) Dividindo 125 por 33, temos 3,78 mm de avanço em cada volta da fresa.

Material chroniony prawem autorskim

Como calcular a secção da fita de uma fresa

Exemplo explicativo: Qual a secção média da fita de cavaco de uma fresa de 10 dentes, que trabalha com uma profundidade de corte de 4 mm, 40 Rpm e 80 mm/min de avanço da mesa, e tem 100 mm de diâmetro?

$$1)\ \text{Secção média do cavaco} = \frac{\text{avanço da mesa em mm/min}}{\text{número de dentes da fresa} \times \text{Rpm}} \times \sqrt{\frac{\text{Profundidade de corte em mm}}{\text{Diâmetro da fresa em mm}}}$$

$$2)\ \text{Secção média do cavaco} = \frac{80\ \text{mm/min}}{10 \times 40} \times \sqrt{\frac{4\ \text{mm}}{100\ \text{mm}}}$$

$$3)\ \text{Secção média do cavaco} = \frac{80}{40} \times \sqrt{0{,}04}$$

$$4)\ \text{Secção média do cavaco} = 0{,}2 \times \sqrt{0{,}02}$$

$$5)\ \text{Secção média do cavaco} = 0{,}2 \times 0{,}2 = 0{,}04\ \text{mm}$$

6) secção total = secção média da fita × largura da fresa

Exemplo explicativo: Precisa-se saber a potência absorvida em um trabalho de fresa com uma profundidade de corte de 5 mm, e 35 mm de largura, sendo a fresa de aço super-rápido e o material a trabalhar aço 60 – 70 kg/mm², para ver se está dentro da capacidade da fresadora e do motor.

A tabela de avanço (nº 4.4) nos indica para aço 60 — 70 kg e fresa de aço super-rápido – 125 mm/min de avanço. A tabela de pressão de corte (nº 3.13) nos dá para aço 60 – 70 = 245, de pressão de corte.
Então:

$$\text{Pot. absorvida} = \frac{\text{Prof. de corte} \times \text{larg. da fresa} \times \text{avanço da mesa em mm/min} \times \text{pressão espec. de corte conf. tabela 3.13}}{75 \times 1000 \times 60}$$

Material chroniony prawem autorskim

$$\text{Pot. absorvida} = \frac{5 \times 35 \times 125 \times 245}{75 \times 1000 \times 60}$$

$$\text{Pot. absorvida} = \frac{53 \times 593 \times 75}{4.500{,}00} = 1{,}1$$

Como calcular a potência no trabalho da fresa

Adotamos a seguinte fórmula:

$$\text{Potência consumida na operação} = \frac{\text{Profundidade de corte} \times \text{largura da fresa} \times \text{avanço p/min} \times \text{pressão específica de corte}}{75 \times 1000 \times 60}$$

No caso presente a fresa tem: 5 mm de profundidade de corte, 30 mm de largura de trabalho e 125 mm/min de velocidade de avanço. Para achar a pressão específica de corte, usamos a tabela 3.13 ou a recomendação de uso geral mediante a seguinte regra:

$$\text{Pressão específica de corte 3 a 4} \times \text{resistência à tração do material}$$

Adotando-se o meio termo, isto é, 3,5 ao invés do máximo 4 ou do mínimo 3, temos $3{,}5 \times 70 = 245$.

Pressão específica de corte $Pc = 245$

Achada a pressão específica de corte e estando-se com todos os dados da fórmula, temos:

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) Pot. na Operação $= \frac{\text{Prof. corte} \times \text{larg. fresa} \times \text{vel. av. p/min} \times \text{pres. específica de corte tab. 3.13}}{75 \times 1000 \times 60}$	1) Fórmula
2) Pot. $= \frac{5\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 125\text{ mm/min} \times 245}{75 \times 1000 \times 60}$	2) Substituindo as letras pelos números.

Materiał chroniony prawem autorskim

3) $\text{Pot.} = \dfrac{150 \times 125 \times 245}{75000 \times 60}$

3) Executando a multiplicação entre 3×30 temos 150, e entre 75 e 1000 na parte de baixo do traço temos 75000.

4) $\text{Pot.} = \dfrac{18750 \times 245}{4.500.000}$

4) Executando a multiplicação entre 1500 e 125 temos 18750 e entre 75000 e 60 na parte de baixo do traço temos 4.500.000.

6) Pot. = 1 CV.

6) O traço entre os dois números indica a divisão. A execução da divisão, desprezando o resto, nos dá 1.

7) A potência a consumir no trabalho será de 1 CV. Teremos que dividir a potência consumida no trabalho em referência pelo próprio rendimento do motor, da correia e da máquina. O resultado em CV deverá ser menor do que o CV do motor. Se for maior, está acima das possibilidades do motor da máquina.

$$\text{Potência do motor na operação} = \frac{\text{Pot. consumida na operação de corte}}{\text{rendimento do motor} \times \text{rendimento da correia} \times \text{rendimento da máquina}}$$

Nas máquinas modernas e novas, o rendimento do motor e da correia se aproxima a 100, e da máquina entre 0,70 a 0,90. Vejamos um exemplo do cálculo: Que potência se precisará no motor (Pot. m) de uma fresadora para uma usinagem que necessita de 1,2 CV de potência consumida sendo o rendimento da máquina de 0,80, o da correia de 0,90 e o do motor de 0,90?

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $\text{Pot. do motor} = \dfrac{\text{Pot. no trabalho}}{\text{rendim. do motor} \times \text{rendim. da correia} \times \text{rendimento da máquina}}$	1) Fórmula.
2) $\text{Pot. motor} = \dfrac{1,2}{0,90 \times 0,90 \times 0,80}$	2) Substituindo as letras pelos números.
3) $\text{Pot. motor} = \dfrac{1,2}{0,81 \times 0,80}$	3) Executando a multiplicação de 0,90 por 0,90, temos 0,81.

Material chroniony prawem autorskim

4) Pot. motor = $\frac{1,2}{0,648}$

4) Multiplicando 0,81 por 0,80 temos 0,648.

5) *Resposta*: A operação acima exigirá do motor 1,8 CV.
Verifique agora na plaquinha de inscrição do motor, se o número de CV é acima de 1,8 CV.

> O supervisor de máquina deve sempre estabelecer um cálculo da operação que se aproxime da potência do motor, para obter o máximo de rendimento que o motor e a máquina podem dar.

Cálculo do tempo ao fresar

$$\text{Tempo principal} = \frac{\text{Curso da mesa em mm}}{\text{Avanço em mm por min}} = \text{Resultado em minutos}$$

Exemplo: O curso de mesa de uma fresa é de 280 mm, e sua velocidade de avanço de 100 mm/min. Qual o tempo de operação?

$$\text{Tempo principal} = \frac{\text{Curso da mesa em mm}}{\text{Avanço em mm por min}} = \text{Resultado em minutos}$$

$$\text{Tempo principal} = \frac{280 \text{ mm}}{100 \text{ mm por min}} = 2,80 \text{ minutos}$$

Como regular a fresadora

Exemplo 1 — Para regular a máquina, precisa-se saber:

a) o número de rotação da fresa, "Rpm"
b) o avanço em cada volta da fresa *a*
c) a potência necessária
d) a pressão específica de corte

Para este cálculo, temos:

Fresa: material = aço rápido, cilíndrica

diâmetro d = 150 mm
número de dentes n = 24
largura de trabalho = 30 mm
profundidade de corte pc = 5 mm

Materiał chroniony prawem autorskim

Material a trabalhar = aço 60 – 70 kg/mm²

Com os dados acima, vamos à tabela 4.4 que nos indica: avanço *a* da fresa = 125 mm/min

Velocidade de corte *Vc* = 16 m/min

Com esses elementos podemos iniciar os cálculos de rotação (Rpm) e de avanço *a* da fresa, assim:

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $Rpm = \frac{\text{Velocidadede corte}}{\text{Diâmetro} \times 3{,}14}$	1) Fórmula.
2) $Rpm = \frac{16 \text{ m/min}}{150 \text{ mm} \times 3{,}14}$	2) Substituindo as letras pelos números.
3) $Rpm = \frac{16.000 \text{ mm/min}}{150 \text{ mm} \times 3{,}14}$	3) Para operar as contas, precisamos transformar todas as medidas para a mesma unidade. Assim temos que passar 16 m/min para mm/min, o que nos dá 16.000 m/min, já que um metro tem 1.000 mm/min.
4) $Rpm = \frac{16.000}{471}$	4) Executando a multiplicação entre 150 mm por 3,14, temos 471.
5) Rpm = 33	5) O traço entre os números significa divisão de 16.000 por 471 que em números redondos, dá 33 Rpm.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 4.2

Norma para velocidade de corte e avanço para fresar — (Metros por minuto)

Materiais (Grupo 1)	Ferramentas							
	Aço			Aço rápido			Metal duro	
	desbastar	alisar	eixos rasgos engrenagens	desbastar	acabar	eixos rasgos engrenagens	desbastar	alisar
Aço 40 kg/mm²	18	30	12	35	50	18	170	230
Aço 60 kg/mm²	15	22	10	25	35	16	130	180
Aço 80 kg/mm²	10	15	8	18	25	8	80	120
Aço de ferramenta	—	—	5	15	20	10	35	55
Aço fundido	12	18	10	20	30	18	110	150
Ferro fundido	15	22	12	25	38	22	130	180
Ferro fundido duro	—	—	5	12	18	10	50	75
Ferro fundido mole	12	18	12	18	28	22	75	120
(Grupo 2)								
Bronze mole	35	50	25	60	90	—	300	400
Bronze duro	20	30	18	30	50	—	150	200
Latão macio	30	40	30	60	90	—	300	400
Latão duro	25	35	25	40	60	—	200	300
(Grupo 3) Alumínio e metais leves	50 a 120	60 a 120	até 120	100 a 300	150 a 500	— —	250 a 1.200	300 a 2.000
Avanço (mm/min) (Grupo 1)	15 a 150		12 a 70	25 a 250		15 a 70	25 a 400	
(Grupo 2)	20 a 200		20 a 100	30 a 300		—	50 a 500	
(Grupo 3)	até 200		até 200	até 500		—	2.000	

Modo de usar a tabela 4.2: Seja abrir um rasgo ou uma engrenagem de aço 60 kg/mm² na fresa, com ferramenta de aço rápido.

Material: aço 60 kg/mm² encontramos na 2ª linha da 1ª coluna. Seguimos à direita até a coluna de ferramenta de aço rápido, operação de rasgos e engrenagens. Encontramos o nº 16 que significa que a fresa pode ter uma velocidade média de 16 metros por minuto, que se pode dar à fresa. Na parte inferior vamos achar o avanço em milímetros por minuto, que se pode dar à fresa. Assim, 15 a 70, já que o material corresponde ao grupo 1. 15 a 70 significa que o avanço poderá estar colocado entre 2 números (15 a 70 mm/min).

Outro exemplo: Material — Bronze duro
Ferramenta — Pastilha de metal duro
Operação — Desbastar

Material chroniony prawem autorskim

Bronze duro — encontramos na 10ª linha da 1ª coluna. Seguindo daí à direita até a coluna de ferramenta de pastilha de metal duro, onde diz operação de desbastar. Aí encontramos o nº 150, que significa que a velocidade média de corte deverá ser 150 m/min. Descendo pela mesma coluna, vamos encontrar na linha correspondente ao grupo 2, 50 a 500, o que significa que o avanço poderá ser nessa base.

As Rpm das fresas são aproximadas. Para as fresas comuns, use as velocidades mínimas, e para as fresas de aço rápido, qualquer velocidade entre a mínima e a máxima.

Explicação de como usar a tabela 4.3 de velocidade para fresas - nº 2

Precisamos ver o material que vamos fresar, e o diâmetro da fresa que vamos usar: Suponhamos que o material seja ferro fundido duro e a fresa de 2".

Na 1ª coluna à esquerda e na 3ª fileira de cima para baixo encontramos o material ferro fundido duro. Seguimos nesta fileira para a direita, para vermos a velocidade de trabalho que podemos ter em pés por minuto e em metros por minuto.

Assim, de 40 a 65 pés por minuto ou de 12,160 m/min a 19,760 m/min. Para sabermos a quanto isto corresponde (usando-se uma fresa de 2"), seguimos mais adiante à direita até a coluna onde indica 2", e achamos de 75 a 124 Rpm. Significa que se a fresa de 2" for comum, devemos regulá-la para qualquer rotação que a máquina possa dar, próxima de 75, que é a Rpm mínima. Se por outro lado a fresa for de aço rápido, podemos escolher qualquer número entre 75 e 124. Por exemplo: 90, 95, 100, 105, 110, etc.

Outro exemplo: fresa de 3 1/2". Material a fresar: bronze dureza média.

Velocidade de corte 120 a 180 pés p/min ou 36,480 m/min a 54,720 m/min Rpm = 130 a 195.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 4.3

Velocidade para fresar

Velocidade de corte. Diâmetro da fresa em polegadas. Rpm (mínima e máxima)

Material	pés/min	m/min	1/8" 3,17	1/4" 6,35	3/8" 9,52	1/2" 12,70
Aço de ferramenta	20 a 40	6,080 a 12,160	610 1222	305 612	205 408	152 305
Aço especial duro Aço fundido	30 a 50	9,120 a 15,200	918 1500	458 765	305 510	230 382
Aço especial (dureza média) Ferro fundido duro	40 a 65	12,160 a 19,760	1222 2000	612 992	408 662	305 498
Ferro maleável (médio teor carbono) Termoplásticos	50 a 80	15,200 a 24,320	1500 2400	765 1200	510 815	382 610
Ferro fundido (dureza média) Aço (baixo teor carbono)	70 a 100	21,280 a 30,400	2100 3000	1070 1500	712 1020	535 765
Ferro fundido (mole) Aço (mole)	80 a 120	24,320 a 36,480	2400 3600	1200 1800	815 1200	610 916
Latão e bronze (dureza média)	120 a 180	36,480 a 54,720	3600 5500	1800 2800	1200 1800	916 1400
Latão, Bronze, Cobre (macio)	150 a 300	45,720	4500 9000	2300 4600	1500 3000	1150 2300
Plásticos moldados Ebonite, baquelite Magnésio Duralumínio Alumínio Alpax	200 a 800	60,800 a 243,200	6000 24000	3000 12000	2000 8000	1500 6000

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.3 (continuação)

Velocidade para fresar

3/4" 19,05	1" 25,40	1 ¼" 31,75	1½" 38,10	1¾" 44,45	2" 50,80	2¼" 57,15	2½" 63,05	3" 76,20	3½" 88,90
102	75	60	50	45	38	35	30	25	20
205	152	122	102	88	75	68	62	52	42
152	115	92	75	65	58	50	45	38	32
255	190	152	126	110	96	85	75	65	54
205	152	122	102	88	75	68	62	52	42
330	248	200	165	142	124	110	100	82	70
225	190	152	128	110	95	85	75	65	54
406	305	245	205	175	152	135	122	102	86
358	268	215	178	152	135	120	108	90	76
510	382	305	255	218	190	170	152	128	108
408	305	245	205	175	152	135	122	102	86
610	458	368	305	262	230	205	182	152	130
610	458	368	305	262	230	205	182	152	130
915	688	550	458	392	345	305	275	230	195
765	572	458	382	328	288	255	230	190	120
1528	1145	915	765	655	575	510	458	382	326
1000	765	612	510	435	382	340	305	255	215
4000	3000	2400	2000	1700	1500	1300	1200	1000	835

Velocidade e avanços para fresas de aço rápido

Para fresas de metal duro, multiplicar os dados de avanço por 1,5 e os de velocidade por 2,5.

As máquinas com motores menores de 4 HP, salvo casos especiais, não compensam trabalhar com ferramentas de metal duro ou cerâmica.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.4

Materiais	Tipos de Fresa					
	Perfil completo Perfil constante		Perfil simples dentes curtos		Cilíndrica	
	Velocidade de avanço		Velocidade de avanço		Velocidade de avanço	
Ferro fundido duro	16	80	25	125	25	160
Ferro fundido semi-duro	12	63	20	100	20	200
Ferro fundido macio	25	100	40	100	40	160
Aço 90 a 120 kg/mm^2	8	30	12	50	12	80
Aço 70 a 90 kg/mm^2	10	40	16	63	16	100
Aço 50 a 70 kg/mm^2	10	50	16	80	16	125
Aço 40 a 50 kg/mm^2	12	60	20	100	20	150
Ferro doce	12	60	20	100	20	150
Cobre latão bronze macio	40	120	60	200	60	310
Ligas duras de alumínio	100	160	160	250	160	400
Alumínio e ligas macias	160	200	250	310	250	500
Ligas de magnésio	250	310	400	500	400	800

O avanço está dado em mm/min (milímetro por minuto)

Modo de usar a Tabela 4.4: Exemplo: Seja achar a velocidade e o avanço para trabalhar ferro fundido duro usando fresa cilíndrica de aço rápido.

1º) Procuramos ferro fundido duro na coluna de materiais. Achamos na 1ª linha da 1ª coluna.

2º) Seguimos à direita até a coluna correspondente à fresa cilíndrica. Achamos para velocidade 25 m/min, e para avanço, 160 mm/min.

No caso de fresa de metal duro, para a velocidade multiplicamos os dados achados nessa tabela por 2,5. Então, no exemplo, a velocidade 25 m/min passa a $25 \times 2{,}5 = 62{,}5$ m/min.

Para o avanço, multiplicamos por 1,5. Então $160 \times 1{,}5 = 240$ mm/min.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 4.5

Rotação da fresa por minuto

Avanço da fresa em mm por volta	Rotação Rpm							
	50	75	100	125	150	175	200	250
	Avanço de fresa conforme Rpm							
0,025	1,250	1,875	2,50	3,125	3,750	4,375	5,00	6,250
0,050	2,500	3,750	5,00	6,250	7,50	8,75	10,00	12,50
0,075	3,750	5,625	7,50	9,375	11,25	13,125	15,00	18,75
0,10	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00	25,00
0,15	7,50	11,25	15,00	18,75	37,50	26,25	30,00	37,50
0,20	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	50,00
0,25	12,50	18,75	25,00	31,25	37,50	43,75	50,00	62,50
0,30	15,00	22,50	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00	75,00
0,35	17,50	26,25	35,00	43,75	52,50	61,25	70,00	87,50
0,40	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	100,00
0,45	22,50	33,75	45,00	56,25	67,50	78,75	90,00	112,50
0,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00	125,00
0,55	27,50	41,25	55,00	—	—	—	—	—

Como usar a tabela 4.5 de avanço por volta, para avanço em Rpm

Explicação: A 1ª coluna da esquerda dá o avanço em mm por volta que a fresa faz. As colunas seguintes dão o avanço conforme o número de rotação que a fresa desenvolve. Ex.: Sabendo-se que uma fresa faz um avanço de 0,30 mm (trinta centésimos de mm) em cada volta, que avanço fará estando com 400 voltas por minuto? Resposta: 120 mm (120 milímetros).

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.5 (continuação)

Rotação Rpm								
300	**350**	**400**	**450**	**500**	**600**	**700**	**800**	**900**
Avanço da fresa conforme Rpm								
7,500	8,75	10,00	11,25	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50
15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	30,00	35,00	40,00	45,50
22,50	26,25	30,00	33,75	33,50	45,00	52,50	60,00	39,50
30,00	35,00	40,00	45,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00
45,00	52,50	60,00	67,50	75,00	90,00	105,00	120,00	135,00
60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	120,00	140,00	160,00	180,00
75,00	87,50	100,00	112,50	125,00	150	175	200	225
90	105	120	135	150	180	210	240	270
105	122,50	140	157,50	175	210	245	280	315
120	140	160	180	200	240	280	320	360
135	157,50	180	202,50	225	270	315	360	405
150	175	200	225	250	300	350	400	450
								495

Outro exemplo: Devendo uma fresa ter um avanço de 0,025 (25 milésimos) em cada volta, qual o avanço quando estiver dando 300 voltas?

Resposta: 7,5 mm.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 4.6

Avanço em mm por dente a avanço por volta

Número de dentes da fresa								
Avanço em mm	**2**	**3**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**
0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	0,05	0,060	0,070
0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14
0,15	0,30	0,45	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10
0,017	0,034	0,051	0,068	0,102	0,136	0,170	0,204	0,238
0,02	0,04	0,06	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28
0,025	0,05	0,075	0,10	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350
0,040	0,08	0,120	0,16	0,240	0,320	0,400	0,480	0,560
0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
0,07	0,14	0,21	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98
0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
1,5	3,0	4,5	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0

Como usar a tabela 4.6: "Avanço em mm por dente a avanço por volta"

Na 1ª coluna achamos o avanço que queremos dar: 0,005 mm (5 milésimos de mm). Indo à direita, encontramos a quanto corresponde esse avanço, conforme os dentes da fresa que estamos usando. Assim, para uma fresa de 8 dentes, esse avanço corresponde a 0,04 (4 centésimos de mm).

Outro exemplo: tendo que dar um avanço de 0,1 mm (1 décimo de mm), a quanto corresponde em 1 fresa de 14 dentes?

Resposta: 1,4 mm (1 mm e 4 décimos).

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.7

Avanço da fresa por dente

Material	Fresas de 2 cortes de 1/8" a 1/4" (3 mm a 6,3 mm)	Fresas de 2 cortes acima de 3/8" (9 mm)
Aço duro	0,01 a 0,02	0,01 a 0,2
Aço baixo teor de carbono	0,025 a 0,05	0,025 a 0,075
Ferro fundido duro Aço macio	0,025 a 0,05	0,025 a 0,1
Ferro fundido (dureza média) Ferro maleável	0,05 a 0,075	0,05 a 0,13
Ferro fundido mole	0,05 a 0,1	0,05 a 0,15
Plásticos Alumínio Cobre Duralumínio	0,05 a 0,15	0,05 a 0,2

Explicação de como usar a tabela 4.7

Suponhamos um trabalho com aço duro e fresa de corte de 1/4".

Procuramos aço duro na coluna de material, a 1ª à esquerda.

Seguimos para a direita até a coluna da fresa de 1/4". Achamos o 0,01 a 0,02 mm.

Isto quer dizer que a espessura do cavaco pode ir de 0,01 mm a 0,02 mm (1 centésimo a 2 centésimos de mm).

Outro exemplo:

Material a fresar — ferro fundido duro.

Fresa de 3/8". Temos: Avanço de 0,025 a 0,1 mm.

As frações em mm correspondem à espessura do cavaco que cada dente da fresa pode retirar.

Material chroniony prawem autorskim

Para fresagem de ferro fundido

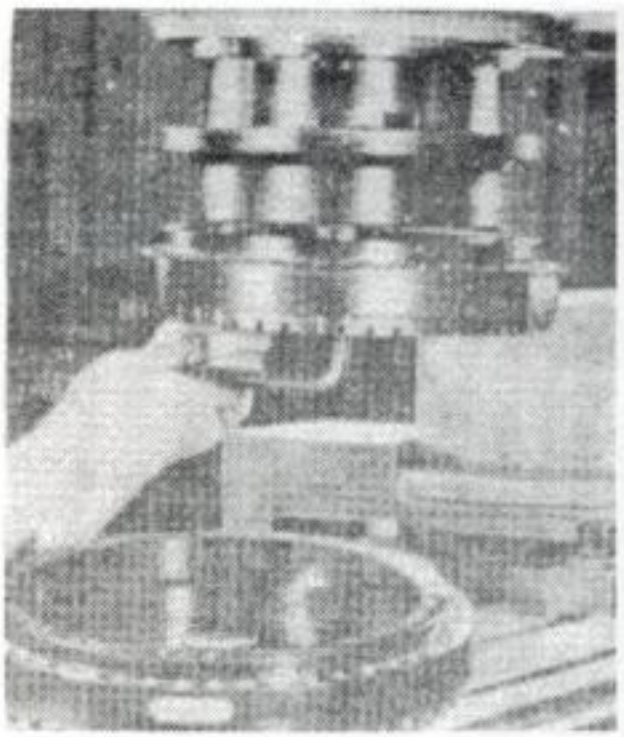


Fig. 4.13

As fresas **auto** e **auto F** são novas ferramentas especialmente desenhadas para a fresagem de peças de ferro fundido. O passo das facas é extrafino e a construção permite precisão mais alta com tempos mais curtos de troca de pastilhas, do que em fresas convencionais.

Essas novas ferramentas permitem a introdução da tecnologia de pastilhas intercambiáveis, em áreas de aplicação até agora praticamente dominadas por fresas com facas soldadas, especialmente na fresagem de peças de ferro fundido com altos índices de avanço.

O sistema **auto cap** é uma melhoria adicional na linha destas ferramentas. Em vez de construir a fresa de um único corpo inteiriço, a fresa foi dividida em duas partes: o corpo de sustentação e o corpo cortante. As vantagens deste sistema são óbvias, especialmente na troca da ferramenta.

O corpo de sustentação permanece montado no fuso da fresadora e é cuidadosamente ajustado, proporcionando alta rigidez e o efeito de um volante.

O corpo cortante é uma peça em forma de copo, de construção extraleve, e de diâmetro igual ao corpo de sustentação. O corpo cortante é fixado ao corpo de sustentação por somente um parafuso no centro. O mesmo corpo de sustentação é usado tanto para a fresa **auto** como a **auto F**. A troca de fresa é feita numa fração de tempo normalmente necessário para a troca de uma fresa convencional. A precisão é igual ou melhor, e o operador manipula somente um terço do peso total da ferramenta.

Menos peso para manipular e somente um parafuso para ser apertado.

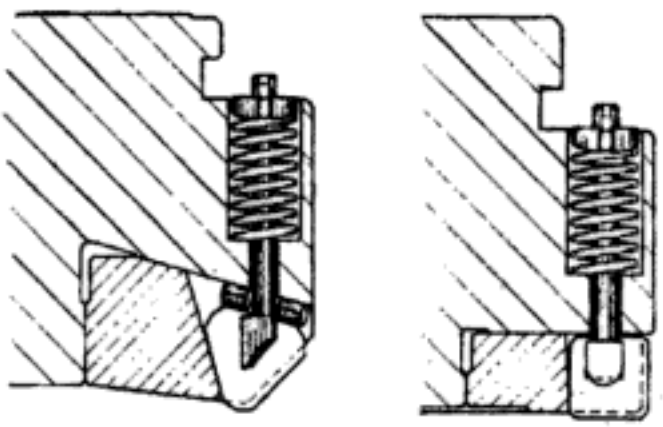
A troca ou giro das pastilhas é uma operação muito rápida nas fresas **auto** e **auto F**.

Uma cunha com um pino e uma mola mantêm as pastilhas nos seus assentos. Durante a fresagem as forças de corte ajudam a manter as pastilhas na sua posição correta. Uma simples alavanca solta as pastilhas para o giro ou troca.

A construção também oferece a possibilidade de uma troca mecanizada das pastilhas.

Materiał chroniony prawem autorskim

Fig. 4.14



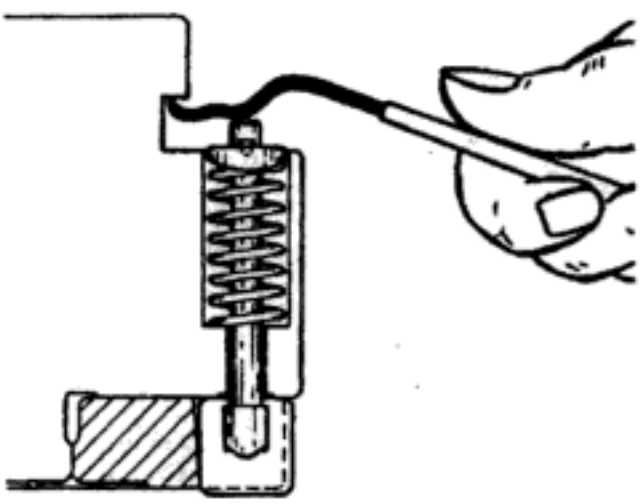
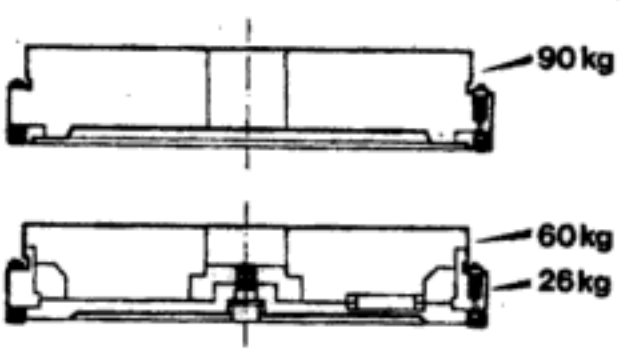


Fig. 4.15



Materiał chroniony prawem autorskim

Fresagem de engrenagens

O que se precisa saber para o cálculo de engrenagens cilíndricas

Na figura abaixo podemos ver o que é **diâmetro primitivo, diâmetro externo e diâmetro interno.** Destes, o mais importante para os cálculos é o diâmetro primitivo. Passo de uma **engrenagem** é a medida que compreende um dente e uma folga na altura do círculo primitivo.

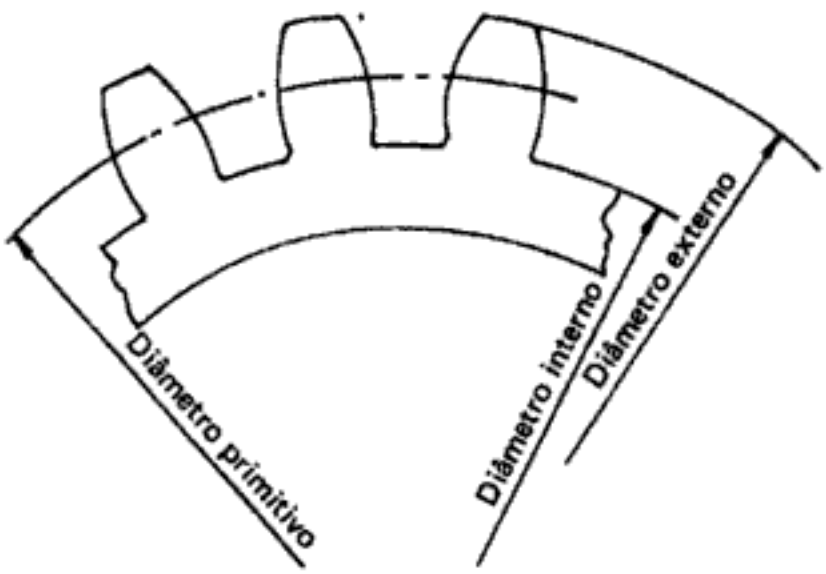


Fig. 4.16

Na figura abaixo podemos ver: **espessura do dente**, que deve ser verificada na altura do círculo primitivo como sucede com o passo, e **altura do dente**, medida que vai da base à parte superior do dente.

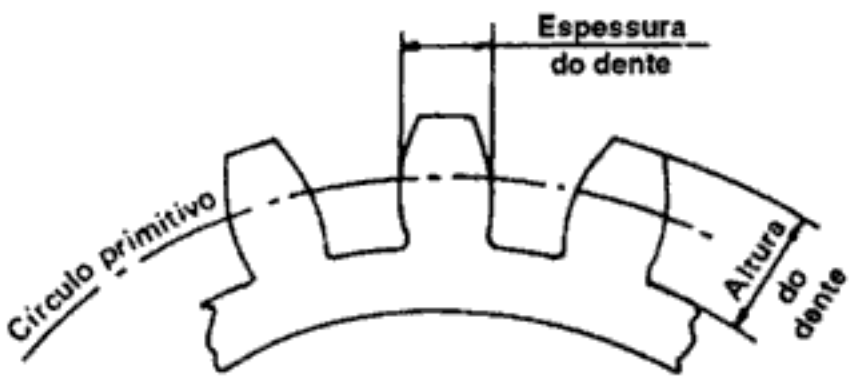


Fig. 4.17

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.8

Tabela geral para fresar engrenagens cilíndricas no sistema métrico

Elemento	Símbolo	Fórmula
Módulo métrico	M	$\frac{P}{\pi}$, $\frac{De}{n+2}$, $\frac{Dp}{n}$, $\frac{De-Dp}{2}$
Passo em mm	P	$M \times \pi$, $\frac{Dp \times \pi}{n}$, $\frac{De \times \pi}{n+2}$
Número de dentes	n	$\frac{Dp}{M}$, $\frac{De-2M}{M}$, $\frac{Dp \times \pi}{P}$
Diâmetro externo	De	$M(n+2)$, $Dp+2M$, $\frac{P}{\pi} \times (n-2)$
Diâmetro primitivo	Dp	$De-2m$, $n \times m \times \frac{P}{\pi} \times n$
Comprimento do dente	C	$2p$ a $5p$
Altura do dente	h	$2{,}1666p$
Altura da secção do dente do De ao Dp	$h1$	M
Altura da secção do dente do Dp ao fundo	$h2$	$1{,}666M$
Largura da secção do dente	L	$\frac{M \times \pi}{2}$, $\frac{p}{2}$
Distância dente a dente	a	$\frac{M \times \pi}{2}$, $\frac{p}{2}$
Espessura da coroa em mm	e	Cerca de $0{,}5\ P$
Esforço do dente em kg	P	$\frac{\text{Pot} \times 75}{\text{V}} = C \times c \times p$
Velocidade linear sobre o Dp	V	$\frac{\text{Rpm} \times Dp \times \pi}{60 \times 100}$ (Dp em cm)
Potência transmitida em HP	*Pot.*	estabelecer o cálculo desde o impulso motor
Número de rotações por min	Rpm	Estabelecer o cálculo desde a última engrenagem ou aparelho
Coeficiente	C	

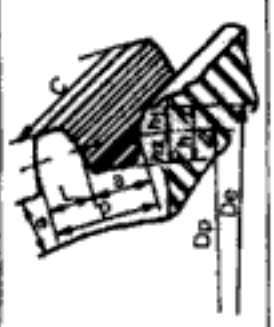


Fig. 4.18

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 4.9

Tabela geral para cálculo de engrenagens cilíndricas no sistema inglês

Elemento	Símbolo	Fórmula
Módulo	M	$\frac{\pi}{p}$ p em polegada
Diametral Pitch	DP	$\frac{n}{Dp}$ Dp em polegada
Passo	P	$\frac{\pi \times Dp}{n}$ Dp em polegada
Número de dentes	n	$DP \times Dp$
Diâmetro primitivo	Dp	$\frac{n}{Dp}$
Diâmetro externo	De	$Dp + 2 \times h2$
Altura do dente do diâmetro primitivo ao fundo	$h2$	$\frac{Dp}{n}$
Altura do dente do diâmetro primitivo ao diâmetro externo	$h1$	$1{,}164 \times \frac{Dp}{n}$
Altura do dente	h	$h1 + h2$
Largura do dente	L	$\frac{p}{2}$

Cálculo das engrenagens

1º) Distância entre os eixos. 2º) Velocidades dos mesmos. 3º) Esforço que irá transmitir. De posse desses dados estaremos em condições de efetuar os demais cálculos necessários para o desenho e a construção das engrenagens, tais como: diâmetros, número de dentes, dimensões, passo, etc.

Existem duas maneiras principais de se "fazer uma engrenagem": pela fundição e por meio de máquinas operatrizes chamadas fresadoras de cujo tipo existe imensa variedade. Convém esclarecer que "fresa" é o nome da ferramenta cortante que rasga, corta ou faz frisos para abrir os dentes da engrenagem, e que fresadora é o nome da máquina operatriz que movimenta e regula a fresa. Aliás, o termo fresa e fresadora foi mal adaptado do inglês, que em nossa língua deveria ser frisadora, isto é, máquina que abre frisos. Isto posto, torna-se impor-

Materiał chroniony prawem autorskim

tante cada vez mais se conhecer as fórmulas e os cálculos necessários para o desenho, abertura e construção das engrenagens. Já apresentamos anteriormente uma série de fórmulas importantes para esse fim, com os esclarecimentos dados pelo desenho. Desses cálculos, pode-se dizer que saber o que é **módulo** e saber calculá-lo, é o ponto de partida para os demais, que dependem do módulo de uma engrenagem.

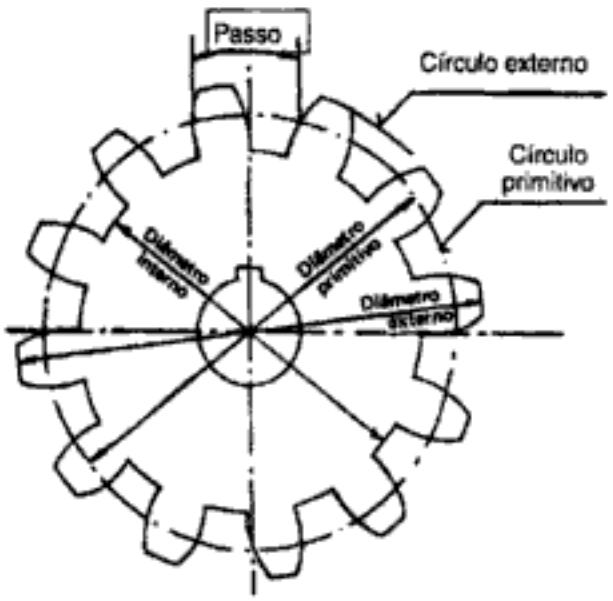


Fig. 4.19

O que é módulo e como calculá-lo?

Módulo é a relação entre o Diâmetro do Círculo Primitivo (*Dp*) e o número de dentes (*n*) da engrenagem. Em outras palavras: Módulo é o resultado da divisão entre o Diâmetro Primitivo (*Dp*) e o número de dentes (*n*) da engrenagem. Assim:

$$M = \frac{Dp}{n}$$

Sendo: M = Módulo
Dp = Diâmetro primitivo
n = Número de dentes da engrenagem

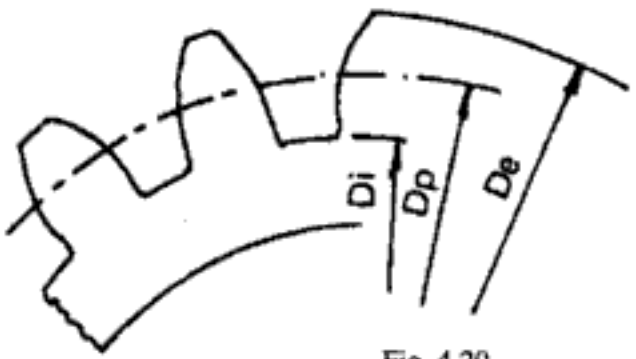
Exemplo: Qual é o módulo de uma engrenagem de 20 dentes (*n*) e 180 mm de Diâmetro primitivo (*Dp*)?

$$M = \frac{Dp}{n} \qquad M = \frac{180\ \text{mm}}{20} \qquad M = 9$$

Material chroniony prawem autorskim

Resposta: O módulo é 9.

Conhecido o Módulo de uma engrenagem podemos estabelecer uma série de outros cálculos, conforme se pode ver na fig. 4.20 exemplificada abaixo:



De = Diâmetro externo
Dp = Diâmetro primitivo
Di = Diâmetro interno

Fig. 4.20

Como calcular o diâmetro primitivo de uma engrenagem

$$Dp = M \times n$$

sendo: *Dp* = *Diâmetro primitivo*
M = Módulo
n = Número de dentes da engrenagem

Exemplo: Uma engrenagem de 20 dentes e módulo 9. Qual o diâmetro primitivo?

$$Dp = M \times n \qquad Dp = 9 \times 20 \qquad Dp = 180$$

Explicação: Para acharmos o Diâmetro Primitivo, multiplicamos o Módulo da engrenagem pelo número de dentes que a engrenagem tem.

Como calcular a altura do dente de uma engrenagem

Altura do dente h
$$h = 2{,}15 \times M$$

Explicação: para acharmos a altura *h* do dente de uma engrenagem, multiplicamos o número 2,15 (constante) pelo Módulo *M* da engrenagem.

Material chroniony prawem autorskim

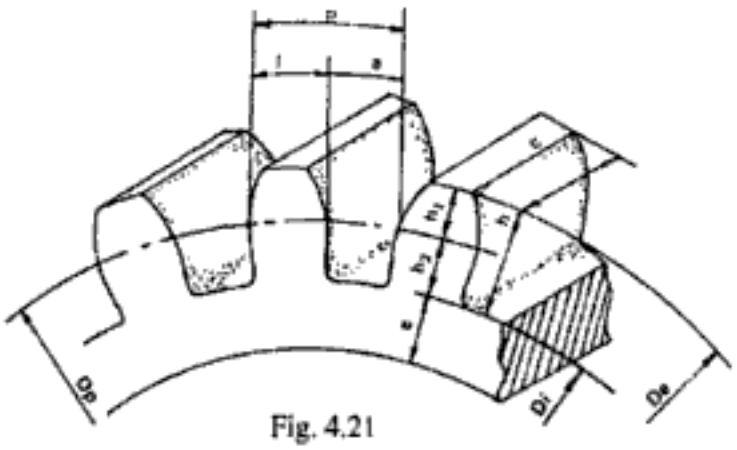


Fig. 4.21

Como calcular a espessura e o intervalo dos dentes de uma engrenagem?

$$l = \frac{P}{2}$$ Ver fig. 4.21 $$a = \frac{P}{2}$$

A espessura dos dentes de uma engrenagem e os respectivos intervalos devem ter a mesma medida. Daí a fórmula para o cálculo ser a mesma. A espessura e o intervalo devem ser medidos na altura do Diâmetro primitivo. Para achá-los basta dividir o passo da engrenagem por 2.

Como calcular o passo de uma engrenagem

O passo, cujo desenho e explicações já foram feitos (ver figs. 4.19 e 4.21), acha-se multiplicando o Diâmetro primitivo *Dp* por 3,14, e dividindo o resultado pelo número de dentes que a engrenagem tenha.

Passo *p* da engrenagem

$$p = \frac{Dp \times 3{,}14}{n}$$

Exemplo: Uma engrenagem tem 180 mm de Diâmetro primitivo e 20 dentes. Qual o passo?

$$p = \frac{Dp \times \pi}{n} \qquad p = \frac{180 \times 3{,}14}{20} \qquad p = \frac{5{,}652}{20} \qquad p = 28{,}2$$

Material chroniony prawem autorskim

As fresadoras de origem inglesa e americana trabalham com o "Diametral Pitch"

Como muitas máquinas em nosso país são de origem americana ou inglesa e os cálculos das engrenagens nessas máquinas não são feitos pelo Módulo, mas pelo "Diametral Pitch", vejamos o que vem a ser e como se calcula.

O que é "Diametral Pitch" e como se calcula

"Diametral Pitch" é a relação entre o número de dentes da engrenagem e o diâmetro primitivo dado em polegadas. Em outras palavras, é comparar o número de dentes que tem a engrenagem com o comprimento primitivo dado em polegadas. A explicação seguinte é mais prática ainda: "Diametral Pitch" é o resultado da divisão entre o número de dentes da engrenagem e o Diâmetro em polegadas. Assim:

"Diametral Pitch" DP

$$DP = \frac{n}{Dp}$$

Sendo: DP = "Diametral Pitch"
n = número de dentes da engrenagem.
Dp = Diâmetro primitivo em polegadas

Exemplo: Uma engrenagem tem 20 dentes e um Diâmetro primitivo de 7 polegadas. Qual o "Diametral Pitch"?

$$DP = \frac{n}{Dp} \qquad DP = \frac{28}{7''} \qquad DP = 4$$

Como transformar Módulo em "Diametral Pitch" e vice-versa

Tendo o "Diametral Pitch", achar o módulo

$$M = \frac{25{,}4}{Dp}$$

Tendo o Módulo, achar o "Diametral Pitch"

$$DP = \frac{25{,}4}{M}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Exemplo: "Diametral Pitch" 4. Achar o Módulo

$$M = \frac{25{,}4}{4} \qquad M = 6{,}35$$

Exemplo: Módulo 6,35. Achar o "Diametral Pitch".

$$DP = \frac{25{,}4}{6{,}35} \qquad DP = 4$$

A profundidade de corte na fresa

As fresas costumam ter uma relação de profundidade de corte adequada fornecida pelo fabricante.

Não possuindo esta relação, as fórmulas abaixo resolvem o problema:

Profundidade de corte da fresa para engrenagens tendo o passo em mm

$$pc = p \times 0{,}6866$$

Sendo: pc = profundidade de corte para fresa
p = passo circular em mm
0,6866 constante usada para o cálculo
Ex.: Passo p = 32 mm

$pc = p \times 0{,}6866$
$pc = 32 \times 0{,}6866$
$pc = 21{,}97$ mm

Profundidade de corte da fresa para engrenagens com o passo em "Diametral Pitch

$$pc = \frac{54{,}788}{DP}$$

Sendo: pc = profundidade de corte para fresa
"DP" = "Diametral Pitch"
54,788 constante usada para o cálculo
Ex.: "Diametral Pitch" 4

$$pc = \frac{54{,}788}{4} \qquad pc = 13{,}69$$

Calibrador para espessuras de dentes de engrenagens

Na aplicação de instrumentos para medir a espessura dos dentes, não se deve descuidar das diferenças C — medindo engrenagens até 45 dentes entre a corda e o círculo primitivo. É conveniente por isso determinar a altura h que é $= m + c$, portanto:

$$h = m\frac{n}{2}(1 - \cos\beta) + 1$$

Sendo:

h = altura medida do dente
m = módulo
n = número de dentes
f = espessura do dente

Material chroniony prawem autorskim

A tabela seguinte dá os valores h e f para as engrenagens em função do passo do módulo.

Exemplo:

$n = 20$; $n = 15$; $h = 15 \cdot 1{,}0308 = 15{,}4620$

$f = 15 \cdot 1{,}5692 = 23{,}5380$

Sendo o calibrador ou o micrômetro ajustado pelos valores h e f, a curva para dente no círculo primitivo será de 23,562 obtido pelo cálculo.

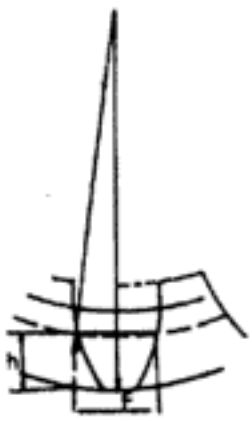


Fig. 4.22

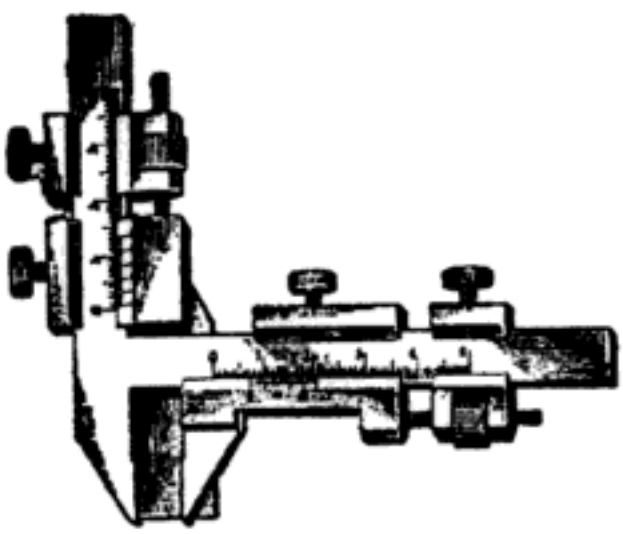


Fig. 4.23

Tabela 4.10

Tabela de correção

Nº de dentes	h	F
10	1.0615	1.5693
11	1.0559	1.5694
12	1.0513	1.5693
13	1.0473	1.5699
14	1.0441	1.5694
15	1.0411	1.5699
16	1.0385	1.5692
17	1.0363	1.5695
18	1.0342	1.5698
19	1.0324	1.5690
20	1.0308	1.5692
21	1.0293	1.5693
22	1.0281	1.5694
23	1.0268	1.5695
24	1.0257	1.5696
25	1.0246	1.5697
26	1.0237	1.5697
27	1.0228	1.5698
28	1.0221	1.5699
29	1.0212	1.5700
30	1.0206	1.5700
32	1.0192	1.5701
34	1.0182	1.5702
35	1.0176	1.5702
36	1.0171	1.5703
38	1.0162	1.5703
40	1.0154	1.5704
42	1.0146	1.5704
44	1.0141	1.5704
45	1.0137	1.5704
46	1.0134	1.5705
48	1.0128	1.5706
50	1.0123	1.5707
55	1.0112	1.5707
60	1.0103	1.5708
70	1.0088	1.5708
80	1.0077	1.5705
97	1.0064	1.5708
127	1.0063	1.5708
135	1.0045	1.5708
	1.0000	1.5708

Material chroniony prawem autorskim

Conjunto da divisão diferencial da fresa

Abaixo vemos o conjunto para a divisão diferencial da fresa quando da abertura de dentes de engrenagens. Observe os dois discos de divisão: o da divisão direita que usa cálculo simples, e o disco divisor principal, que oferece maiores possibilidades de divisões que o anterior, e cujos cálculos mais complicados serão explicados. Observe ainda, à esquerda, os jogos de engrenagens que precisam ser mudados conforme os cálculos. Veja explicações com exemplos.

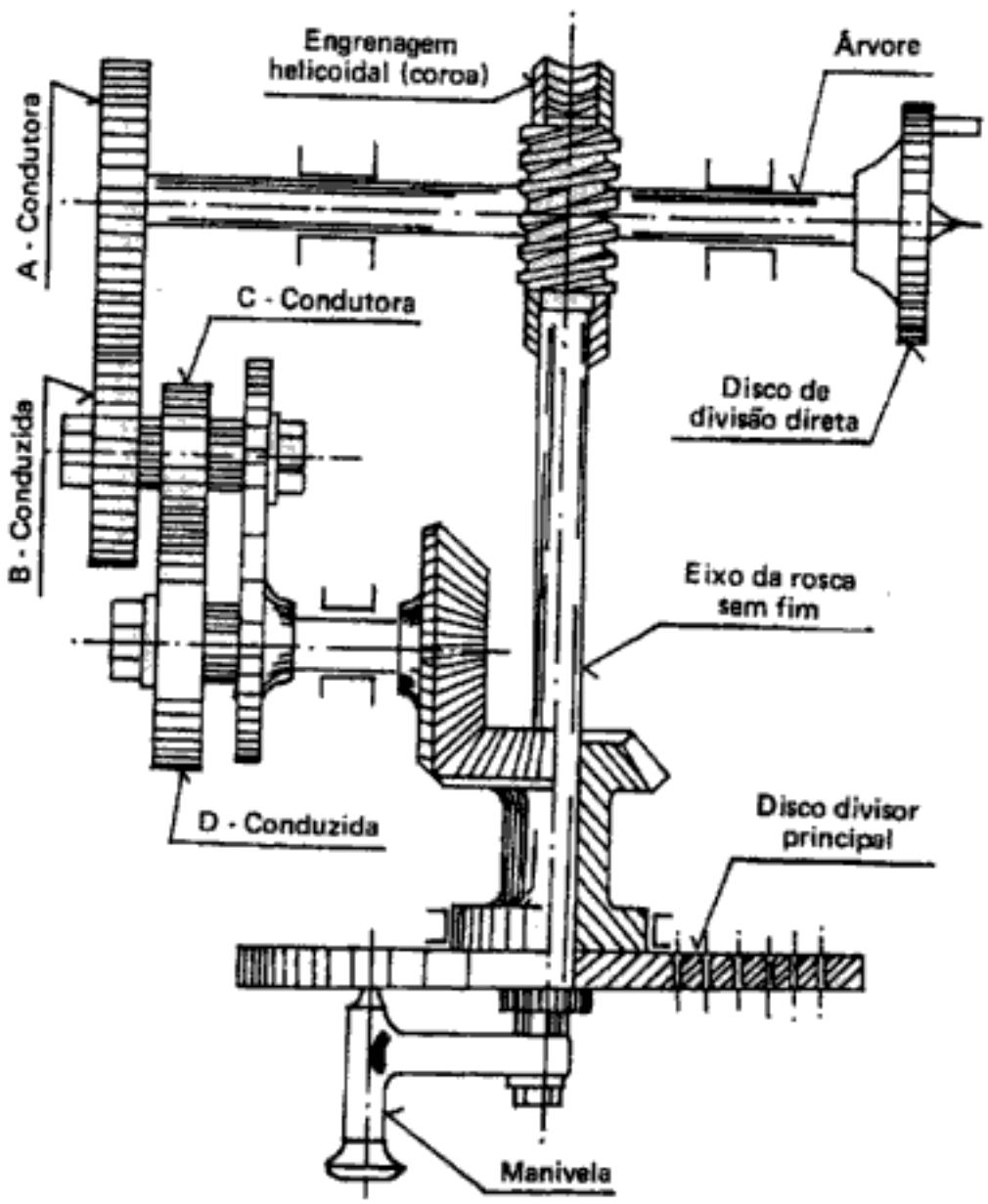


Fig. 4.24

Material chroniony prawem autorskim

Divisão diferencial na fresa

Emprega-se nos casos em que o processo explicado não encontra solução. São os casos em que o número constante da fresa (coroa), com o número da divisão que se deseja, formam uma fração que não se pode simplificar. Seja, por exemplo, abrir uma engrenagem de 47 dentes em uma fresa de constante 60. Temos:

$$\frac{\text{Constante da fresa (coroa)}}{\text{Número de divisões a fazer}} = \frac{60}{47}$$

Formamos uma fração que não poderíamos simplificar, além de nem sempre se dispor de disco de 47 furos. Somos obrigados a adotar o cálculo da divisão diferencial.

Neste processo, adotamos para o número de divisões que desejamos um número próximo que facilite a formação de uma relação ou fração fácil de simplificar ou decompor, que venha resultar nas engrenagens de jogo que a fresadora possui e dos discos de furos para a divisão. A DIFERENÇA entre o número adotado e o número de divisões que desejamos, CORRIGIMOS através de uma compensação nas engrenagens da fresadora, por uma fórmula especial (divisão diferencial) que logo vamos ver.

Acontece que o número adotado tanto pode ser maior como pode ser menor do que o número da divisão que desejamos. Então, chamando de:

"*n*" = nº de divisões a fazer e "*nl*" número adotado, temos:

Quando: "*nl*" (número adotado) for MAIOR do que "*n*" (número de divisões a fazer), giramos a manivela da fresadora no mesmo sentido de rotação do disco da fresadora.

Quando: "*nl*" (número adotado) for MENOR que "*n*" (número de divisões a fazer), giramos a manivela da fresadora em sentido inverso à rotação do disco.

A diferença entre "*nl*" e "*n*" ou vice-versa, será o erro *e*, que incluímos no cálculo para corrigir o número adotado em relação ao número de divisões que desejamos.

Vejamos um exemplo: Abrir uma engrenagem de 127 dentes ("*n*"), tendo a fresa a constante (coroa) 60. Achar as rodas de mudança e as voltas no disco divisor.

Materiał chroniony prawem autorskim

Temos: "*n*" (divisões a fazer) = 127 dentes. Adotamos para o cálculo um número aproximado "*nl*", suponhamos = 120. Então: "*nl*" MENOR que "*n*" = Rotação em sentido inverso.

$n - nl = 7$ (Diferença entre "*n*" e "*nl*" = 7) que chamamos de "*e*". Então:

DIVISÃO DIFERENCIAL

$$\frac{\text{Diferença entre "}n\text{" e "}nl\text{"} \times \text{constante da fresa}}{\text{Número "}nl\text{" adotado}} = \frac{e \times c}{nl}$$

$$\frac{7 \times 60}{120} = \frac{420}{120} = \frac{42}{12} = \frac{42 \div 6}{12 \div 6} = \frac{7 \times 10}{2 \times 10} = \frac{70}{20}$$

Não dispondo de engrenagem de 20 dentes na fresa, temos que adotar um trem de 4 engrenagens. Então:

$$\frac{42}{12} \text{ decompondo em } \frac{7 \times 6}{4 \times 3} = \frac{7 \times 10}{4 \times 10} = \frac{70}{40} \qquad \frac{6 \times 10}{3 \times 10} = \frac{60}{30}$$

A engrenagem A será 70, B = 40 dentes, C = 60 e D = 30 dentes. (Para melhor orientação, ver figuras 4.24 e 4.34).

Quanto às voltas da manivela no disco, temos:

$$\frac{\text{Constante da fresa}}{\text{Divisões adotadas}} = \frac{6\varphi}{12\varphi} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2} = \frac{1 \times 9}{2 \times 9} = \frac{9}{18}$$

que significa uma rotação de 9 intervalos no círculo de 18 furos.

Cálculo do disco divisor da fresa

1º) Caso: O número de divisões a abrir dá uma divisão exata com o número de dentes da coroa da fresadora. Ex.: Fresadora tem 60 dentes na coroa e vamos abrir 20 dentes.

$$\text{Número de voltas da manivela} = \frac{\text{número de dentes da coroa}}{\text{divisões a fazer}} \qquad \frac{60}{20} = 3 \text{ voltas na manivela}$$

Material chroniony prawem autorskim

2º) Caso: O número de divisões a fazer é maior do que o número de dentes da coroa fresadora. Ex.: Coroa fresadora: 40 dentes. Dentes a abrir: 55.

$$\text{Número de voltas da manivela} = \frac{\text{número de dentes da coroa}}{\text{divisões a fazer}} = \frac{40}{55}$$

$$\frac{40 \div 5}{55 \div 5} = \frac{8 \times 3}{11 \times 3} = \frac{24}{33}$$ 24 furos no disco 33.

Explicação: Simplificamos $\frac{40}{55}$ dividindo cada número por 5.

O resultado $\frac{8}{11}$ multiplicamos cada número por 3, obtendo $\frac{24}{33}$.

Exemplo: Seja fresar uma peça sextavada. Quantas voltas temos que dar à manivela do disco divisor?

$$\text{Número de voltas da manivela} = \frac{\text{número de dentes da coroa helicoidal}}{\text{número de divisões a fazer}}$$

$$\text{Número de voltas da manivela} = \frac{40}{6} = 6\frac{4}{6}$$

Simplificando $6\frac{4}{6}$ temos $6\frac{2}{3}$

Resposta:

Devemos dar 6 voltas na manivela e mais 2/3 de volta. Nas figuras seguintes mostramos como se faz esta regulagem.

Como fazer o cálculo do disco divisor da fresa e como regular a manivela

1) Escolhemos uma fileira de furos que seja divisível por 3. Por exemplo, a de 15 furos. Achamos 2/3 de 15, que é igual a 10. Movemos os setores, para demarcar os 10 furos que correspondem a 2/3 do todo, isto é, 15. É o que vemos na figura abaixo. Procedemos à fresagem da 1ª face do sextavado (fig. 4.25).

Materiał chroniony prawem autorskim

Fresagem da 2ª face do sextavado.

2) Para fresarmos a 2ª face do sextavado, damos 6 voltas completas na manivela do disco divisor, mais um pedaço de volta correspondente aos 10 furos. A figura mostra a manivela já deslocada junto ao 2º setor, isto é, 10 furos à frente (fig. 4.26).

Fresagem da 3ª face do sextavado.

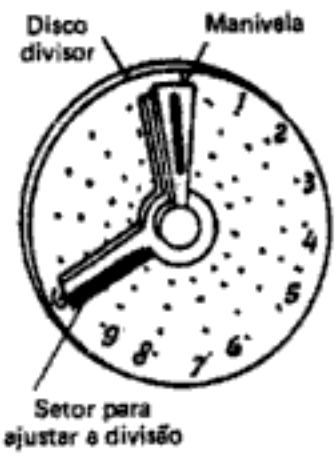


Fig. 4.25



Fig. 4.26

3) Procedemos da mesma forma. 6 voltas completas na manivela e mais o espaço correspondente a mais 10 furos, indo a manivela se localizar como mostra a figura 4.27. Observe que o setor serve para demarcar os 10 furos. As demais fases do fresado são repetições do exemplo. (Veja também a tabela 4.11).



Fig. 4.27

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 4.11

Divisões simples em fresadora de 40 dentes na coroa

Divisões a fazer	Número de voltas da manivela e frações de voltas
3	13 voltas + 5 intervalos do círculo 15
4	10 voltas
5	8 voltas
6	6 voltas + 10 intervalos do círculo 15
7	5 voltas + 15 intervalos do círculo 21
8	5 voltas
9	4 voltas + 8 intervalos do círculo 18
11	3 voltas + 21 intervalos do círculo 33
12	3 voltas + 5 intervalos do círculo 15
13	3 voltas + 3 intervalos do círculo 39
14	2 voltas + 18 intervalos do círculo 21
15	2 voltas + 10 intervalos do círculo 15
16	2 voltas + 8 intervalos do círculo 16
17	2 voltas + 6 intervalos do círculo 17
18	2 voltas + 4 intervalos do círculo 18
19	2 voltas + 2 intervalos do círculo 19
21	1 volta + 19 intervalos do círculo 21
22	1 volta + 27 intervalos do círculo 33
23	1 volta + 17 intervalos do círculo 23
24	1 volta + 10 intervalos do círculo 15
25	1 volta + 9 intervalos do círculo 15
26	1 volta + 21 intervalos do círculo 39
27	1 volta + 13 intervalos do círculo 27
28	1 volta + 9 intervalos do círculo 21
29	1 volta + 11 intervalos do círculo 29
30	1 volta + 5 intervalos do círculo 15
31	1 volta + 9 intervalos do círculo 31
32	1 volta + 4 intervalos do círculo 16
33	1 volta + 7 intervalos do círculo 33
34	1 volta + 3 intervalos do círculo 17
35	1 volta + 5 intervalos do círculo 35
36	1 volta + 5 intervalos do círculo 45
37	1 volta + 3 intervalos do círculo 37
38	1 volta + 1 intervalo do círculo 19
39	1 volta + 1 intervalo do círculo 39
40	1 volta
41	40 intervalos do círculo 41
42	20 intervalos do círculo 21
44	30 intervalos do círculo 33
48	20 intervalos do círculo 24
50	16 intervalos do círculo 20
60	30 intervalos do círculo 45
70	20 intervalos do círculo 35
80	12 intervalos do círculo 24
100	8 intervalos do círculo 20
120	15 intervalos do círculo 45
124	10 intervalos do círculo 31
140	10 intervalos do círculo 35

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.11 (continuação)

Nº de divisões a fazer	Nº de intervalos	Nº do círculo ou do disco	Nº de divisões a fazer	Nº de intervalos	Nº do círculo ou do disco
43	40	43	155	8	31
44	30	33	156	10	39
45	40	45	160	6	24
46	20	23	164	10	41
47	40	47	165	8	33
48	20	24	168	5	21
50	16	20	170	4	17
52	30	39	172	10	43
54	20	27	175	8	35
55	24	33	180	10	45
56	25	35	184	5	23
58	20	29	185	8	37
60	30	45	188	10	47
62	20	31	190	4	19
64	15	24	192	5	24
65	24	39	195	8	39
66	20	33	200	5	25
68	10	17	205	8	41
70	20	35	210	4	25
72	25	45	215	8	43
74	20	37	216	5	27
75	24	45	220	6	33
76	10	19	225	8	45
78	20	39	230	4	23
80	12	24	232	5	29
82	20	41	235	8	47
84	10	21	240	4	24
85	8	17	248	5	31
86	20	43	250	4	25
88	15	33	260	6	39
90	20	45	264	5	33
92	10	23	270	4	27
94	20	47	280	5	35
95	8	19	290	4	29
96	10	24	296	5	37
100	8	20	300	6	45
104	15	39	310	4	31
105	8	21	312	5	39
108	10	27	320	3	24
110	12	33	328	5	41
115	8	23	330	4	33
116	10	29	340	2	17
120	15	45	344	5	43
124	10	31	350	4	35
125	8	25	360	5	45
130	12	39	370	4	37
132	10	33	376	5	47
135	8	27	380	2	19
136	5	17	390	4	39
140	10	35	400	2	20
145	8	29	410	4	41
148	10	37	420	2	21
150	12	45			
152	5	19			

Material chroniony prawem autorskim

Cálculo de cremalheiras

Perfil normalizado da cremalheira

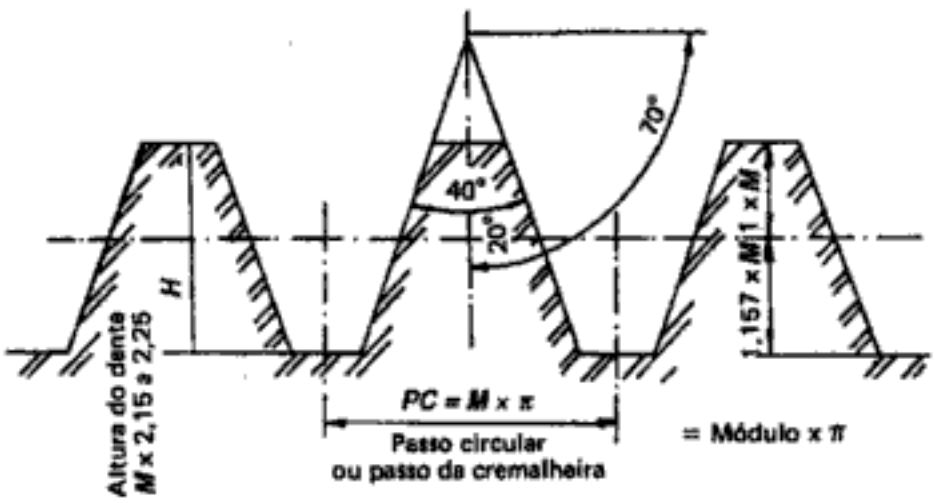


Fig. 4.28

Onde: M = módulo
PC = passo circular

Para a fresagem de cremalheiras, precisamos das seguintes fórmulas:

Passo circunferencial ou passada = Módulo × 3,14

Altura H do dente = 2,157 módulo

Para o cálculo das engrenagens da fresa, precisamos:

1) do passo circunferencial PC da cremalheira ou do módulo M da engrenagem a engrenar;
2) do passo do furo da fresa;
3) do número de voltas do disco.

Tendo-se o passo circunferencial da cremalheira, a fórmula é:

$$\frac{\text{Passo a construir } PC}{\text{Passo do fuso da fresa}} = \frac{\frac{AC}{\text{nº de dentes da engr. condutora}}}{\frac{\text{nº de dentes da engr. conduzida}}{BD}}$$

Material chroniony prawem autorskim

Tendo-se o módulo *M* da engrenagem que vai engrenar com a cremalheira, a fórmula é:

$$\frac{\text{Módulo } M \times 22}{\text{Passo do fuso } PF \times \text{nº de voltas do disco } NV \times 7}$$

sendo
M = módulo
22 – 1 constante
7 – 1 constante
PF = passo do fuso da fresa
NV = número de voltas do disco

Ex.: Quais as engrenagens para abrir uma cremalheira de módulo M = 3, número de voltas do disco 2 e passo do fuso da fresa 5 mm.

1. $\frac{M \times 22}{PF \times NV \times 7}$ — 1. Fórmula.
2. $\frac{3 \times 22}{5 \times 2 \times 7}$ — 2. Substituindo as letras pelos números.
3. $\frac{3 \times 22}{5 \times 14}$ — 3. Multiplicando 2 × 7 = 14, ficando 5 × 14 no denominador.
4. $\frac{3 \times 10}{5 \times 10} = \frac{30}{50}$ — 4. Em $\frac{3 \times 22}{5 \times 14}$ pegamos 3/5 para multiplicar por 10. Obtemos 30/50, cujos números constam em engrenagens.
5. $\frac{22 + 2}{14 + 2} = \frac{11}{7}$ — 5. Para facilitar, dividimos cada número da relação 22/14 por 2. Obtemos 11/7.
6. $\frac{11 \times 5}{7 \times 5} = \frac{55}{35}$ — 6. 11/7 facilita a obtenção de números que se possam dispor em engrenagens, daí o motivo de termos obtido esta relação quando dividimos 22/14 por 2. Multiplicando 11/7 por 5, obtemos então 55/35.
7. $\frac{30 \times 55}{50 \times 35} = \frac{A \times C}{B \times D}$ — 7. A relação de engrenagens pode-se ver abaixo.

$A = 30$ $B = 50$
$C = 55$ $D = 35$

(Para melhor orientação, ver figura 4.34).

Material chroniony prawem autorskim

Como proceder para a fresagem de cames

Pode-se proceder de dois modos:

a) por fresagem vertical;
b) por posição inclinada, em que o eixo da fresa se coloca em ângulo (ver fig. 4.30).

No primeiro caso, os cálculos podem ser feitos como se mostra na fresagem helicoidal (veja fig. 4.33).

Como fresar cames em posição inclinada.

1º) Verifique no desenho do came que você vai efetuar ou no próprio modelo, se for o caso, qual a medida da elevação do ressalto, ou passo do came. Veja a figura 4.29, para você entender melhor.

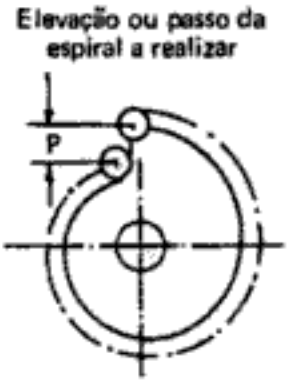


Fig. 4.29

2º) Agora, para efetuar os cálculos, tome uma medida bem próxima e um pouquinho maior do que o passo do came que você irá efetuar. Vejamos um exemplo, para melhor compreensão. Seja fazer um came com uma elevação ou passo de 35,2 mm. Qual a inclinação que devo dar ao eixo da fresa e como se determina essa inclinação ou ângulo. Para o nosso cálculo, estabelecemos uma medida próxima e um pouquinho maior do que o passo do came que vamos fazer. Assim: o passo da espiral do came que vamos fazer tem 35,2 mm. Escolhemos uma medida próxima e um pouco acima, que nos facilite a obtenção de engrenagens na fresa. Por exemplo: 35,52 mm e adotamos a seguinte fórmula, para achar a inclinação ou ângulo a dar ao eixo da fresa.

$$\text{Seno do ângulo} = \frac{\text{Passo da espiral do came}}{\text{Passo escolhido}}$$

Material chroniony prawem autorskim

Então:

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1. $\frac{\text{Passo da espiral do came}}{\text{passo escolhido}}$	1. Fórmula.
2. $\frac{35,2}{35,52}$	2. Substituindo os dizeres pelos números.
3. $\frac{35,2}{35,52} = 0,99087$	3. O traço entre os 2 números significa divisão, que efetuada nos dá 0,99087.
4. 0,99087 na tabela de seno nos dá 82°15'	4. Com o número 0,99087 vamos à tabela do seno que nos dá 82°15', o ângulo a ser dado à fresa.

Achado o ângulo, resta estabelecer o cálculo das engrenagens da fresa para se poder fazer o passo do came que se deseja e que no nosso caso é de 35,2, tendo-se tomado o passo de 35,52 para facilitar a obtenção das engrenagens da fresadora.

Outro processo

Neste método, precisamos ter o passo do came e o número de graus do giro do came. Seja o seguinte exemplo:

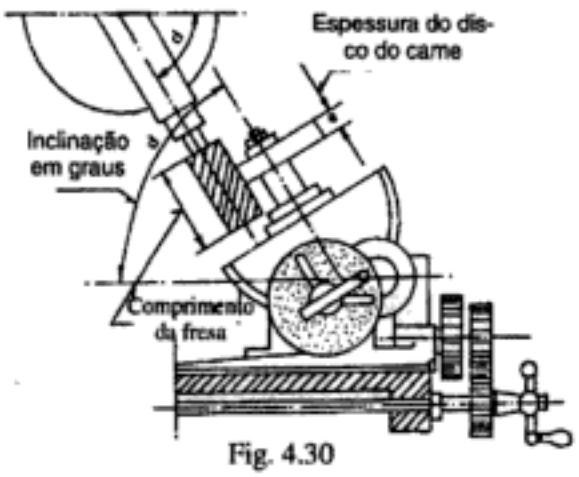


Fig. 4.30

Passo do came ..... 30 mm
Número de graus do giro do came ..... 72°

$$\text{Passo } p = \frac{\text{Passo } p \text{ da espiral do came com ângulo menor que } 360°}{\text{Número de graus do giro do came}}$$

Material chroniony prawem autorskim

$$p = \frac{p \times 360°}{g} \qquad p = \frac{360 \times 360°}{72°} \qquad p = \frac{10800}{72°}$$

$p = 150$ mm

ATENÇÃO: Para a abertura, tomamos um passo um pouco mais elevado e próximo, cujos cálculos resultem em engrenagens que possamos contar na coleção da fresadora. Para o exemplo acima tomamos um passo de 160 mm. Então:

Cálculo do ângulo de inclinação da fresa e do divisor

$$\text{Seno do ângulo} = \frac{\text{Passo } p \text{ do came}}{\text{Passo } p' \text{ próximo escolhido}} \qquad \text{Seno} = \frac{150 \text{ mm}}{160 \text{ mm}} = 0{,}93769$$

Com 0,93769 procuramos o ângulo correspondente em uma tabela de senos. Achamos 69° e 40 minutos. Para melhor orientação, ver página 235.

Calculado o ângulo de inclinação, precisamos saber o comprimento da fresa a usar. Esta deve ter um comprimento proporcional à espessura do disco do came que vamos fazer. É o que passamos a explicar:

Como determinar o comprimento da fresa na abertura de cames

Seja o seguinte exemplo: Espessura *e* do disco do came 10 mm. Passo escolhido para a abertura 35,52 (Exemplo da página 225). Co-seno do ângulo 82°15' = 0,13485. Observar figura 4.30.

$$\text{Comprimento da fresa } C = \text{Espessura do disco do came} \times \frac{\text{Passo escolhido}}{\text{Co-seno do ângulo}}$$

$C = 10$ mm $(35{,}52$ mm $\times 0{,}13485)$
$C = 10$ mm $(4{,}789) = 14{,}789$ mm

Material chroniony prawem autorskim

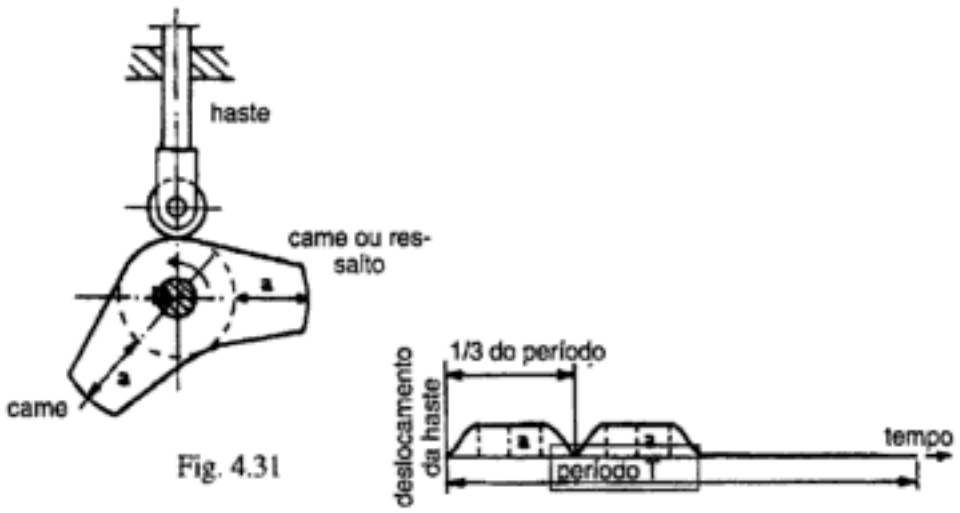


Fig. 4.31

Como calcular as engrenagens da fresadora, para a abertura de cames

Usamos o mesmo cálculo explicado no capítulo referente à abertura de engrenagens helicoidais (pág. 230), contudo, vamos dar um exemplo.

Passo da fresadora . . . . . 8 mm
Passo *p'* aproximado escolhido para o came . . . . . 160 mm
Divisor 40

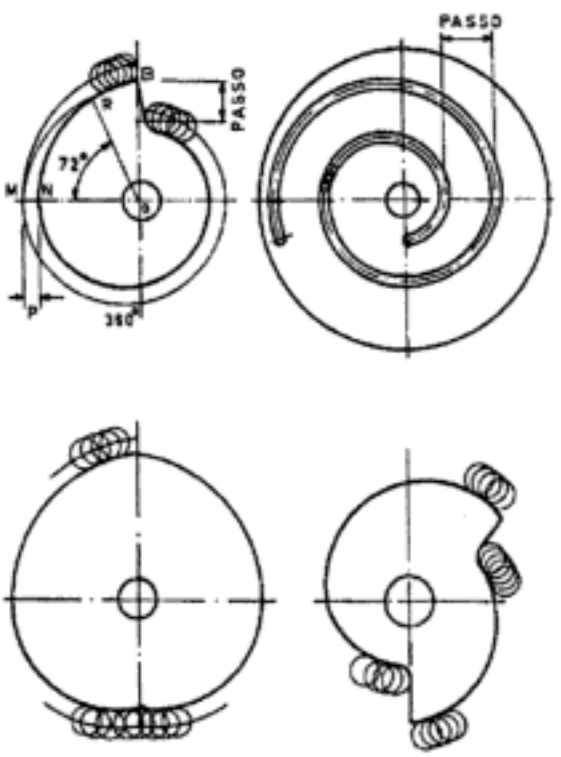


Fig. 4.32

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\frac{\text{Passo } p' \text{ aproximado escolhido}}{\text{Passo do fuso} \times \text{Número do divisor}} = \frac{\text{Engrenagens conduzidas}}{\text{Engrenagens condutoras}}$$

$$\frac{p'}{p \times 40} = \frac{160}{8 \times 40} = \frac{160}{320}$$

Vamos dividir cada um dos números da relação $\frac{160}{320}$ por 10. Temos $\frac{160 \div 10}{320 \div 10}$. Obtemos a simplificação $\frac{16}{32}$. Decompomos esta relação em $\frac{2 \times 8}{2 \times 16}$. A 1ª relação $\left(\frac{2}{2}\right)$ vamos multiplicar cada um dos seus números por 50. Temos: $\frac{2 \times 50}{2 \times 50} = \frac{100}{100}$. A 2ª relação $\frac{8}{16}$, vamos multiplicar cada um dos seus números por 5. Temos: $\frac{8 \times 5}{16 \times 5} = \frac{40}{80}$. Então: $\frac{100 \times 40}{100 \times 80}$.
Estes números ainda não satisfazem na relação de engrenagens.

Vamos, então, sempre por tentativa, mas sem alterar o valor da relação, introduzindo modificações em ambos os números até obtermos algarismos que resultem em engrenagens. Se conseguirmos modificar o número 40 para 60, e o número 100 para 150, a nossa relação de engrenagens fica melhor. Podemos somar ao número 40 a sua metade, isto é, 20, obtendo 60. Fazemos o mesmo com um dos números 100. Somamos a metade, isto é, 50. Temos 100 + 50 = 150. Então: $\frac{100 \times (40 + 20)}{(100 + 50) \times 80} = \frac{100 \times 60}{150 \times 80}$
100 e 60 são as engrenagens conduzidas, e 150 e 80 são as engrenagens condutoras, para abrir um came de 160 mm de passo aproximado e 72° de inclinação.

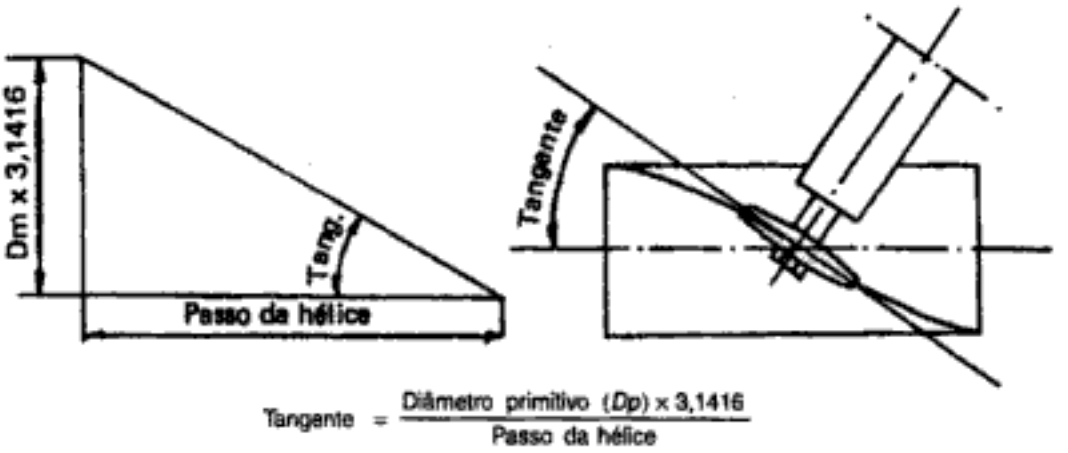
Fresagem de engrenagens helicoidais

Com a indústria automobilística em franca expansão no país, o conhecimento da fresagem de engrenagens helicoidais torna-se importante. Para a fresagem dessas engrenagens, temos que dar os seguintes passos:

1º) Determinar o ângulo de inclinação da fresa de acordo com o ângulo da hélice da engrenagem.

2º) Com o número determinado neste cálculo vamos à tabela de tangentes onde o número correspondente nos dá o ângulo de inclinação que procuramos.

Material chroniony prawem autorskim



$$\text{Tangente} = \frac{\text{Diâmetro primitivo } (Dp) \times 3{,}1416}{\text{Passo da hélice}}$$

Fig. 4.33

Acima vemos a fórmula para determinar o ângulo de inclinação da fresa para a fresagem de engrenagens helicoidais.

$$\text{Número da tangente} = \frac{\text{Diâm. primit. da engr.} \times 3{,}14}{\text{Passo da hélice da engr.}}$$

Ângulo *Af* de inclinação da fresa:

$$\text{Passo da hélice da engrenagem} = \frac{\text{Diâm. primit. da engr.} \times 3{,}14}{\text{número da tangente}}$$

Para determinarmos o diâmetro primitivo pedido na fórmula acima, temos:

$$\text{Diâmetro primitivo} = \frac{\text{Diâmetro externo} + \text{Diâmetro interno}}{2}$$

Diâmetro primitivo *Dp*

Uma vez determinado o ângulo de inclinação, passamos a determinar a mudança das engrenagens da fresa a montar conforme as engrenagens que vamos fresar, usando a fórmula abaixo:

Engrenagens a montar

$$\frac{\text{Passo engr. a construir em mm}}{\text{Passo do fuso da fresa}} \times \frac{\text{relação do}}{\text{divisor}} = \frac{\text{engr. conduzida}}{\text{engr. condutora}} = \frac{B \times D}{A \times C}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Do passo da hélice teremos a engrenagem conduzida, montada no eixo secundário do divisor. Da constante da fresadora temos a engrenagem condutora montada no fuso da mesa.

Ex.: Determinar qual o jogo de engrenagens para abrir em uma fresa de divisor 40 com 5 mm de passo na rosca da fresa, uma engrenagem helicoidal de 120 mm de passo.

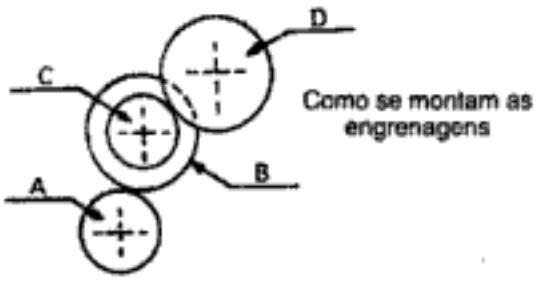


Fig. 4.34

$$1.\ \frac{\text{Passo da engrenagem a construir em mm}}{\text{Passo do fuso da fresa} \times \text{relação do divisor}} = \frac{\text{número de dentes engrenagens conduzidas}}{\text{engrenagens condutoras}}$$

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
2. $\frac{120}{5 \times 40} = \frac{B \times D}{A \times C} = \frac{\text{engr. conduzida}}{\text{engr. condutora}}$	2. Fórmula completa colocando os dados dos números nas indicações da fórmula.
3. $\frac{120}{200}$	3. Multiplicando 5 × 40, temos 200 no denominador, assim: $\frac{120}{200}$
4. $\frac{120 \div 10}{200 \div 10} = \frac{12}{20}$	4. Vamos simplificar dividindo por 10. Obtemos $\frac{12}{20}$
5. $\frac{12}{20} = \frac{2 \times 6}{4 \times 5}$	5. Decompomos o número 12 em 2 números de que podem ser formados. Assim: 2 × 6 e o número 20 em 4 × 5.

Material chroniony prawem autorskim

6. $\frac{2\times6}{4\times5}\ \frac{2\times10}{4\times40} = \frac{20}{40}$

$\frac{6\times10}{5\times10} = \frac{60}{50}\ \frac{20\times60}{40\times50}\qquad \frac{B\times D}{A\times C}$

6. Os números decompostos 2 e 6 e 4 e 5 multiplicamos cada um deles por um mesmo número. No exemplo foi escolhido o nº 10. Obtemos então $\frac{20}{40}\ \frac{60}{50}$

$$\frac{B=20}{A=40}\ \frac{D=60}{C=50}$$

Também podemos obter:

$$\frac{120}{200}\ \frac{B\times D}{A\times C} = \frac{120\times60}{200\times60} = \frac{7200}{12000} = \frac{B=80}{A=120}\ \frac{D=90}{C=100} \text{ ou } \frac{B=60}{A=150}\ \frac{D=120}{C=80}$$

Como verificar o resultado

Para verificar se o resultado está certo, usamos a seguinte fórmula:

$$\text{Passo a construir em mm} = \frac{\text{engr. condutora}}{\text{engr. conduzida}} \times \text{relação do divisor} \times \text{passo do parafuso da fresa}$$

$$\text{Passo a construir em mm} = \frac{20\times60}{40\times50}\times40\times5 = \frac{1200}{2000}\times40\times5 = 120$$

1200 dividido por 2000 dá 0,6, que multiplicado por 40 × 5 resulta 120, que é o passo da engrenagem a construir, o que significa que o resultado está certo.

Como proceder quando os dados estiverem em polegada

Adotamos o mesmo processo acima, mudando apenas os dados para mm. Ex.: Para abrir uma engrenagem de 3 polegadas de passo, que engrenagem devemos usar se a fresadora tem 40 dentes na coroa e 5 filetes por polegada no furo?

Temos: coroa ou relação do divisor = 40 dentes

fuso da fresa em 5 polegadas = 25,4 ÷ 5 = 5,08

passo a fazer 25,4 × 3" = 76,2 mm

Materiał chroniony prawem autorskim

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1. $\frac{\text{Passo a fazer}}{\text{passo do fuso} \times 40} = \frac{\text{engr. condutoras}}{\text{engr. conduzidas}}$	1. Fórmula.
2. $\frac{3 \times 25{,}4}{5 \div 25{,}4 \times 40}$	2. Substituímos os dados pelos números. Como os números estão em polegadas, multiplicamos por 25,4 que é o valor de uma polegada.
3. $\frac{76{,}2 \text{ mm}}{5{,}08 \times 40}$	3. No numerador, multiplicamos 3 por 25,4 que nos dá 76,2 mm, e, no denominador, dividindo 5 filetes por polegada, temos 5,08.
4. $\frac{76{,}2}{203{,}2}$	4. Multiplicando 5,08 por 40, temos 203,2.
5. $\frac{76{,}2}{203{,}2} = \frac{3 \times 25{,}4}{8 \times 25{,}4}$ $\frac{3 \times 25{,}4}{8 \times 25{,}4}$	5. 76,2 é formado por $3 \times 25{,}4$, como também 203,2 pode ser formado por $8 \times 25{,}4$ que nos dá 203,2.
6. $\frac{3}{8} = \frac{3 \times 1}{4 \times 2}$	6. Modificamos assim 76,2 para $3 \times 25{,}4$ como era mesmo e 203,2 modificamos para $8 \times 25{,}4$ que vem a ser o mesmo 203,2. Anulamos os dois 25,4 ao mesmo tempo, o do numerador (em cima) e o do denominador. A relação não se modifica porque 25,4 tanto é anulado no numerador como no denominador.
7. $\frac{3 \times 10}{4 \times 10} = \frac{30}{40}$ $\frac{1 \times 25}{2 \times 25} = \frac{25}{50}$	7. Com isto ficamos com 3/8, que por sua vez pode ser subdividido (sem alterar o valor) em: $\frac{3 \times 1}{4 \times 2} = \frac{3}{8}$
8. $\frac{30 \times 25}{40 \times 50} = \frac{A \times C}{B \times D}$	8. Com $\frac{3 \times 1}{4 \times 2}$ podemos, multiplicando, obter números que se disponham em engrenagens. Assim, multiplicando a relação 3/4 por 10 temos 30/40, e 1/2 por 25 temos 25/50.

Material chroniony prawem autorskim

Verificação

$$\text{Passo da engr. a construir} = \frac{\text{engr. condutora}}{\text{engr. conduzida}} \times \text{relação do divisor} \times \text{passo do fuso da fresa}$$

$$\text{Passo a construir em mm} = \frac{30 \times 25}{40 \times 50} \times 40 \times 5{,}08$$

$$\text{Passo a construir em mm} = \frac{750}{2000} \times 40 \times 5{,}08$$

$$\text{Passo a construir} = 0{,}375 \times 40 \times 5{,}08 = 76{,}2$$

Como calcular as dimensões de uma engrenagem helicoidal e o número da fresa para o corte

Primeiro vamos ver um exemplo para calcular as dimensões. Seja uma engrenagem helicoidal de 28 dentes.

Precisamos ter o valor do ângulo da hélice, e/ou o Módulo Real, ou o Módulo Aparente. Suponhamos:

Engrenagem = 28 dentes.

Módulo real = 2,5 mm.

Ângulo da hélice = 17°20'.

Com os últimos dados, podemos calcular o Módulo Aparente. Assim:

$$\text{Módulo Aparente} = \frac{\text{Módulo Real}}{\text{Co-seno do ângulo da hélice}}$$

Então:

$$\text{Módulo Aparente} = \frac{2{,}5 \text{ mm}}{\text{Co-seno de } 17°20'}$$

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 4.12

17°

'	Seno	D*	Tang.	D*	Co-tang.	D*	Co-seno	D*	'
0	0,29237		0,30573		3,27085		0,95630		60
		28		32		0,00340		8	
1	265	28	605	32	6745	39	22	9	59
2	293	28	637	32	6406	39	13	8	58
3	321	27	669	31	6067	38	0,95605	9	57
4	348	28	700	32	5729	37	0,95596	8	56
5	576	28	732	32	5392	37	88	9	55
6	404	28	764	32	5055	36	79	8	54
7	432	28	796	32	4719	36	71	9	53
8	460	27	828	32	4383	34	62	8	52
9	487		860		4049		54		51
		28		31		35		9	
10	0,29515		0,30891		3714		45		50
		28		32		33		9	
11	543	28	923	32	3381	33	36	8	49
12	571	28	955	32	3048	32	28	9	48
13	599	27	0,30987	32	2715	31	19	8	47
14	626	28	0,31019	32	2384	31	11	9	46
15	654	28	051	32	2053	31	0,95502	9	45
16	682	28	083	32	1722	30	0,95493	8	44
17	710	27	115	32	1392	29	85	9	43
18	737	28	147	31	1063	29	76	9	42
19	765		178		0734		67		41
		28		32		28		8	
20	0,29793		0,31210		0406		0,95459		40
		28		32		27		9	
21	821	28	242	32	3,20079	27	50	9	39
22	849	27	274	32	3,19752	26	41	8	38
23	876	28	306	32	9426	26	33	9	37
24	904		338		9100		24		36

Explicação — O co-seno do ângulo de 17°20' encontramos na tabela acima onde aparece 17° na parte superior. Procuramos aí a *coluna* de co-seno. Descemos por ela até a altura de 20' (primeira coluna à esquerda). Seguimos agora pela *linha* dos 20' da esquerda até a coluna de co-seno. Encontramos o nº 59. O restante anterior deste número achamos em cima: 0,954 que, com o 59 final, dá: 0,095459. No aspecto parcial, 17°20' e 0,95459 estão assinalados com um quadrinho.

Fazemos o mesmo quando se trata de senos, tangentes, co-tangentes.

Então, continuando com o nosso cálculo, temos:

$$\frac{2,5}{\text{Co-seno de } 17°20'} = \frac{2,5}{0,95459} = 2,619 \text{ mm}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Observação: O traço entre 2,5 e 0,95459 significa dividir.
Efetuada a divisão, temos 2,619 mm, o valor do módulo aparente.
Se tivéssemos o valor do módulo aparente e não tivéssemos o valor do módulo real, poderíamos determinar este com a fórmula:

Módulo Real = Módulo Aparente × Co-seno do ângulo da hélice

Com o valor do Módulo Aparente (2,62) que tínhamos determinado, poderemos obter o valor do Diâmetro primitivo (*Dp*) e do Diâmetro externo (*De*) da engrenagem que estamos calculando. Assim:

Diâmetro Primitivo = Módulo Aparente × nº de dentes

2,62 mm × 28 = 73,36 mm

Diâmetro Externo = Diâmetro Primitivo + (2 × Módulo Real)

73,36 mm + (2 × 2,5)

Diâmetro Externo = 73,36 + 5 = 78,36 mm

Obtido o valor do Diâmetro Primitivo, podemos calcular também o valor do Passo da hélice. Assim:

$$\text{Passo da hélice} = \text{Diâmetro primitivo} \times 3{,}1416 \times \text{Co–tangente do ângulo da hélice}$$

Observação: A Co-tangente do ângulo da hélice é obtida na tabela de relações trigonométricas, na coluna referente à co-tangente, assim como foi obtido o Co-seno à página anterior. No cálculo que estamos mostrando, a tabela nos dá para o ângulo de 17°20' a Co-tangente de 3,20406. Então:

Passo da hélice = 73,36 × 3,1416 × 3,20406 = 738,432

Como calcular a fresa para a abertura de engrenagens helicoidais

Tendo o número de dentes da engrenagem que vamos abrir e o valor do ângulo da hélice dessa engrenagem, podemos determinar o número da fresa a usar.

Material chroniony prawem autorskim

Vejamos do exemplo anterior qual a fresa para abrir uma engrenagem de 28 dentes, tendo um ângulo da hélice de 17°20'.

$$\text{Número da fresa a usar} = \frac{\text{Número de dentes da engrenagem a abrir}}{\text{Co-seno do ângulo da hélice}^3}$$

$$\text{Número da fresa} = \frac{28 \text{ dentes}}{0{,}95459^3}$$

Explicação: O Co-seno do ângulo da hélice 17°20' é obtido em uma tabela de relações trigonométricas, na coluna referente ao co-seno: 17°20' = 0,95459.

O número 3 em cima do número do co-seno achado ($0{,}95459^3$), significa elevar aquele número ao cubo, isto é, multiplicar o seu valor (0,95459) por si mesmo TRÊS VEZES. Assim:

$$\frac{28}{0{,}95459^3} = \frac{28}{0{,}95459 \times 0{,}95459 \times 0{,}95459} = \frac{28}{0{,}8698}$$

e $\frac{28}{0{,}8698}$ significa dividir 28 por 0,8698. Temos: 32 dentes correspondem à fresa nº 5 (classificação alemã. Tabela 4.14).

$$\text{Altura } h = 2{,}157 \times \text{Módulo Real}$$
$$\text{Altura } h = 2{,}157 \times 2{,}5 = 5{,}39 \text{ mm}$$

Outro exemplo: Que fresa devemos usar para abrir uma engrenagem helicoidal de 22 dentes e com ângulo da hélice de 19°50'?

$$\text{Número da fresa} = \frac{\text{Número de dentes}}{\text{Co-seno do ângulo da hélice}^3}$$

$$\text{Número da fresa} = \frac{22}{0{,}94068^3} = \frac{22}{0{,}94068 \times 0{,}94068 \times 0{,}94068}$$

$$\text{Número da fresa} = \frac{22}{0{,}832} = 26$$

Número da fresa 5
(Tabela 4.14)

Materiał chroniony prawem autorskim

Série de engrenagens de mudança nas fresas para fresagem de engrenagens helicoidais

O jogo de engrenagens que acompanha a fresa é geralmente de 22 rodas seguintes:

14 — 15 — 24 — 24 — 25 — 25 — 30 — 32 — 35 — 36 — 40 — 45 — 50 — 55 — 60 — 65 — 70 — 80 — 90 — 100 — 120 — 150 dentes.

Atenção:

Quando a hélice da engrenagem a fazer for à esquerda, basta intercalar uma roda intermediária.

Engrenagens cônicas

O que se precisa saber para a abertura de engrenagens cônicas na fresa

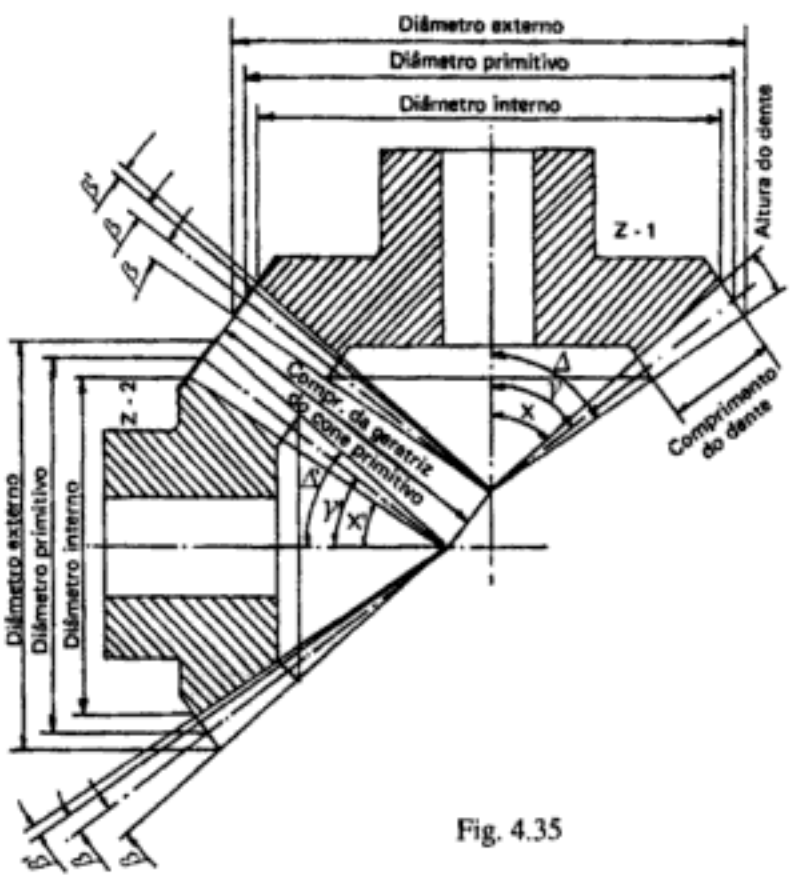


Fig. 4.35

Acima vemos a figura de um jogo de engrenagens cônicas, mostrando as medidas dos ângulos necessários para o cálculo da fresagem. Vejamos como se efetuam esses cálculos para a fresagem dos dentes.

Materiał chroniony prawem autorskim

Para fazer engrenagens cônicas precisamos dispor do:

1. Módulo
2. Número de dentes
3. Ângulo do diâmetro primitivo

Quando há falta de especificação do ângulo do diâmetro primitivo, considera-se como de praxe o ângulo de 45°.

Abertura de engrenagens cônicas na fresa

Para a abertura de engrenagens cônicas, existem máquinas especiais, mas pode-se abri-las em fresadoras universais que dispõem de inclinação no eixo do divisor, seguindo em linhas gerais as seguintes observações:

1º) Montamos a roda a fresar no extremo da haste do fuso do cabeçote divisor.
2º) Estabelecemos os cálculos que veremos adiante principalmente os dos ângulos, diâmetros primitivos, dimensões dos dentes.
3º) Inclinamos o eixo do divisor em relação ao eixo horizontal pela fórmula seguinte, ficando o fundo dos dentes em plano horizontal.

$$\text{Ângulo } \Delta = \chi + \beta$$

4º) Escolhemos o módulo da fresa a usar para abrir as canaletas (ver fórmulas).
5º) Fresamos os dentes estabelecendo-se a divisão no disco divisor pela fórmula:

$$\text{Voltas no disco para a fresagem} = \frac{\text{Constante do divisor} \left(\text{altura do dente} - \text{altura do dente no módulo interno} \right)}{4 \times 3{,}14 \times \text{raio circunferência primitiva}}$$

Vejamos um exemplo completo para melhor conhecimento: Fresar uma engrenagem cônica de 40 dentes, módulo 3, ângulo dos eixos em 45° e 28 mm no comprimento do dente (ver figura 4.36).

$$\text{Diâm. Primit.} = \text{Módulo} \times \text{número de dentes da engrenagem}$$

$$\text{Diâmetro Primitivo} = 3 \times 40 = 120 \text{ mm}$$
$$\text{Diâm. Externo} = \text{Diâm. Primitivo} + (2 \times \text{mód.} \times \text{co-seno } \chi)$$

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\text{Diâmetro Externo} = 120 + (2 \times 3 \times 0{,}707) = 124{,}242 \text{ mm}$$

Obs.: o co-seno χ de 45° acha-se na tabela de co-seno.

$$\text{Diâmetro Interno} = \text{Diâmetro Primitivo} - (1{,}157 \times 2 \text{ mód.} \times \text{co-seno } \chi)$$

$$\text{Diâmetro Interno} = 120 - (1{,}157 \times 2 \times 3 \times 0{,}70711) = 115{,}091 \text{ mm}$$

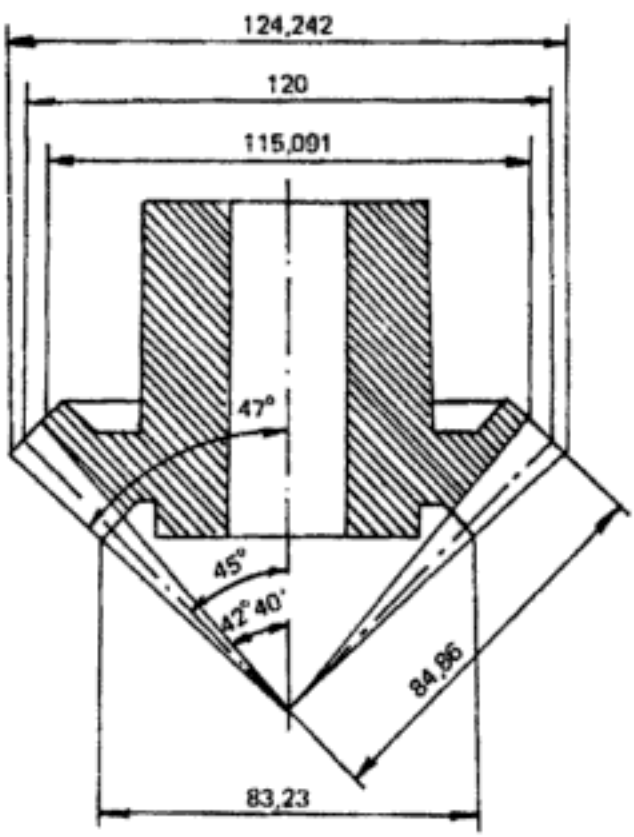


Fig. 4.36

Acima vemos dispostos os resultados dos cálculos que estamos efetuando.

$$\text{Comprimento da geratriz do cone primitivo} = \frac{\text{Diâmetro primitivo}}{2} \div \text{Seno } \chi$$

$$\text{Comprimento da geratriz do cone primitivo} = \frac{120}{2} \div 0{,}707 = 84{,}86$$

Materiał chroniony prawem autorskim

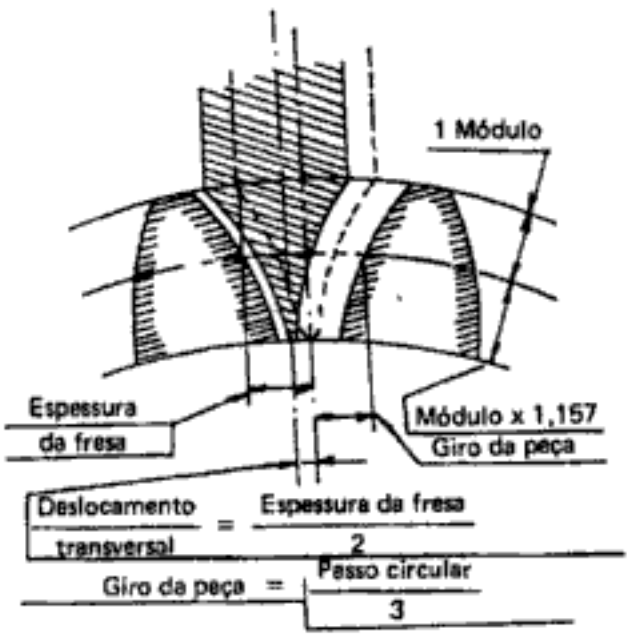

1 Módulo
Espessura da fresa
Módulo x 1,157
Giro da peça
Deslocamento transversal = Espessura da fresa / 2
Giro da peça = Passo circular / 3

Fig. 4.37

$$\text{Tangente } \beta = \frac{\text{Módulo}}{\text{Comprimento da geratriz do cone primitivo}}$$

(Ver fig. 4.35)

$$\text{Tangente } \beta = \frac{3}{84{,}86} = 0{,}0353$$

Obs.: A tabela de tangente nos dará o correspondente ângulo da tangente 0,0353, sendo o mais próximo 2° e 1 minuto.

$$\text{Tangente } \beta' = \frac{\text{Módulo} \times 0{,}157}{\text{Comprimento da geratriz do cone primitivo}}$$

$$\text{Tangente } \beta' = \frac{3 \times 0{,}157}{84{,}86} = 0{,}0055$$

Obs.: Consultando a tabela de tangentes, temos que o número que mais se aproxima do número 0,005 é 0° e 20'.

$$\text{Ângulo } \gamma = \chi - (\beta + \beta)$$

$$\text{Ângulo } \gamma = 45 - (2° + 0°20') = 42°40'$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Como determinar a inclinação que se deve dar ao eixo em relação à horizontal

$$\text{Ângulo } \Delta = \chi + \beta$$

$$\text{Ângulo } \Delta = 45° + 2° = 47°$$

$$\text{Altura do dente} = \text{Módulo} \times 2{,}157$$

$$\text{Altura do dente} = 3 \times 2{,}157 = 6{,}471 \text{ mm}$$

Como determinar o número da fresa a usar

$$\text{Nº de dentes aparente que indica o número da fresa a usar} = \frac{\text{Nº de dentes da engrenagem}}{\text{Co-seno } \chi}$$

$$\text{Nº da fresa a usar } \frac{40}{0{,}707} = 56 \text{ dentes}$$

Obs.: Para 56 dentes a tab. 4.14 nos indica fresa nº 7.

$$\text{Módulo interno} = \frac{\text{Módulo externo (geratriz} \times \text{compr. do dente)}}{\text{geratriz}}$$

$$\text{Módulo interno} = \frac{3\,(84{,}86 - 28)}{84{,}86} = 2$$

$$\text{Altura do dente no módulo menor} = \text{Módulo menor} \times 2{,}157$$

$$\text{Altura do dente no módulo menor} = 2 \times 2{,}157 = 4{,}31$$

$$\text{Voltas no disco para a fresagem} = \frac{\text{Constante no divisor} \left(\text{Altura do dente} - \text{altura do dente no módulo menor} \right)}{4 \times 3{,}14 \times \text{raio da circunf. primitiva}}$$

Material chroniony prawem autorskim

$$\text{Voltas no disco} = \frac{60\,(6{,}47 - 4{,}31)}{4 \times 3{,}14 \times 60} = \frac{2{,}16}{12{,}56}$$

Desprezando os quebrados, temos 2/12, que simplificados nos dá 1/6 (dividindo 2 e 6 por 2). Por fim, multiplicando ambos os termos de 1/6 por 5, temos:

$$\frac{1 \times 5}{6 \times 5} = \frac{5}{30}$$

Para a divisão no disco divisor levamos a manivela 5 furos para a esquerda na circunferência de 30 furos, fresando um vão do dente. Em seguida levamos a manivela para a direita, também no disco de 30 furos. (Veja também páginas 219 e 220).

Quais as fresas a empregar para a abertura de engrenagens cônicas

As fresas a empregar para abertura de engrenagens cônicas devem ser especiais, de perfil envolvente, que são numeradas de 1 a 8 (Ver tabela 4.13).

Por outro lado, o cálculo para a escolha da fresa para a engrenagem cônica é algo diferente do das engrenagens cilíndricas. Baseando-se na figura abaixo, temos 2 modos de fazer o cálculo.

Temos a medida *a* e *b*, o passo circular e o número de dentes da engrenagem. Exemplo: Na figura abaixo a medida *a* é de 150 mm e *b* 75 mm. Qual o

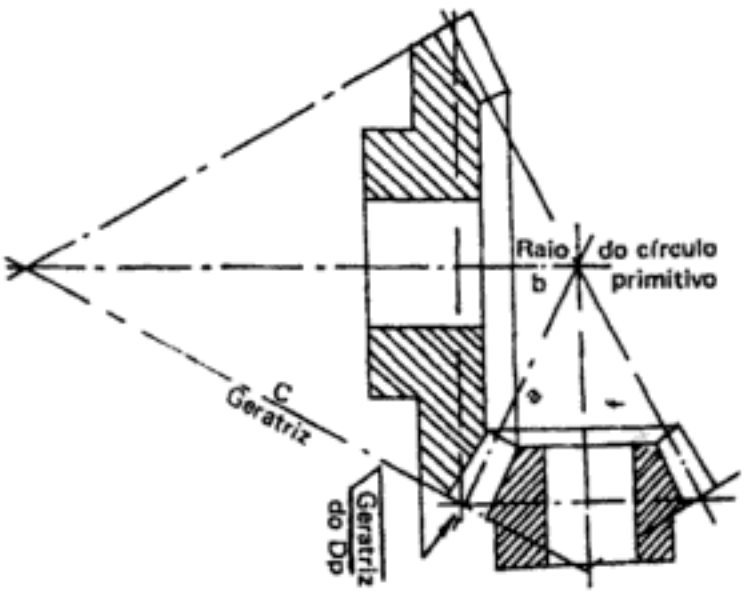


Fig. 4.38

Material chroniony prawem autorskim

número da fresa a empregar para se fazer a engrenagem maior, que deve ter 40 dentes?

$$\text{Nº da fresa} = \frac{n \times a}{b}$$

Sendo o número de dentes da engrenagem a e b medidas em mm.

$$\text{Nº da fresa} = \frac{40 \times 150}{75} = 80$$

Com o número 80 vamos à tabela especial para fresas de perfil envolvente, que nos indica para um número de dentes de 55 a 134 uma fresa de nº 2 (Tabela 4.13).

Tabela 4.13

Número de dentes da engrenagem a abrir

12 a 13	14 a 16	17 a 20	21 a 25	26 a 34	35 a 54	55 a 134	135 até cremalheira
8	7	6	5	4	3	2	1
Número de fresas B & S para cada módulo (Perfil envolvente)							

Obs.: No caso das fresas de fabricação alemã, a numeração segue ao contrário, isto é, o 8 da tabela acima corresponde ao 1 e o 7 ao 2, o 6 ao 3 e assim sucessivamente. Veja também as tabelas de números 4.14 e 4.15.

- *Outro processo*

$$\text{Nº da fresa} = \frac{\text{nº de dentes}}{\text{Co-seno } f} = \frac{\text{nº de dentes}}{\text{Cos. } 18°20'}$$

De acordo com esta fórmula a fresa é escolhida com um formato e dimensão que se adapte à face interna dos dentes considerando a sua menor secção, isto é, na base menor do cone. Ex.: engrenagem de 20 dentes:

$$\text{Nº da fresa} = \frac{\text{nº de dentes}}{\text{Co-seno } f} = \frac{20}{\text{Cos. } 18°20'} = \frac{20}{0{,}9492} = 21 \text{ dentes}$$

Material chroniony prawem autorskim

Consultando-se a tabela 4.13 encontramos para 21 dentes a fresa nº 5.

Obs.: 18° e 20' do exemplo anterior foi tirado de um jogo de engrenagem cônica em que o pinhão tem 20 dentes e a roda 60 dentes — Co-seno $f = 20 \div 60 = 0{,}3333$ que na tabela de co-senos nos dá 18° e 20'. Para se achar o co-seno f, basta dividir o número de dentes da roda pelo número de dentes do pinhão e verificar a tabela de co-senos.

Tabela 4.14

Relação entre o número de dentes das engrenagens que queremos abrir e o número das fresas a empregar

Série de 8 fresas							
Número de dentes das engrenagens a abrir							
12-13	14-16	17-20	21-25	26-34	35-54	55-134	acima de 135 dentes
1	2	3	4	5	6	7	8
Número das fresas a serem usadas							cremalheiras

(A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também adota esta tabela para as engrenagens de perfis envolventes conforme o Boletim NB-17 de 1948).

Para abertura de engrenagens com módulos acima de 4 é aconselhável seguir a série de 15 fresas conforme indicação abaixo.

Tabela 4.15

Série de 15 fresas

Número de dentes das engrenagens a abrir														
12	13	14	15 e 16	17 e 18	19 e 20	21 e 22	23 a 25	26 a 29	30 a 34	35 a 41	42 a 54	55 a 79	79 a 134	134 a crema-lheira
1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8
Números das fresas a usar														

Materiał chroniony prawem autorskim

O perfil das fresas deve estar de acordo com o perfil teórico da engrenagem de menor número de dentes nele indicado. (Esta tabela também é adotada pela ABNT segundo o boletim NB-17, de 1948).

Cálculos úteis de uma rosca sem-fim

Passo da rosca = módulo real da engrenagem × 3,14

Módulo real da engrenagem é o módulo exato da fresa quando se vai abri-la.

Diâmetro primitivo Dp = 8 a 16 módulos reais
Diâmetro exterior De = Diâmetro primitivo + 2 módulos reais
Diâmetro interior Di = Diâmetro primitivo – 2,3 módulos reais

O perfil da rosca é idêntico ao da cremalheira com um ângulo de 20° e profundidade de filete de 2,157 módulos reais da roda helicoidal com a qual engrena.

Cálculos úteis da rosca sem-fim de vários filetes

Passo real da rosca = módulo real da engr. × 3,14

$$\text{Nº do Seno} = \frac{\text{Diâmetro primit. da rosca} \times 3{,}14}{\text{Passo real da rosca} \times \text{nº de filetes}}$$

Passo da hélice = passo aparente × nº de filetes

Comprimento do filete $L\,V$ = 4 a 6 passo aparente

Qual o ângulo para fresar uma rosca sem-fim de 3/8 que deve engrenar com uma engrenagem de 48 mm de diâmetro e as engrenagens de mudança necessárias se a fresadora tem 1/4" de passo no fuso?

$$\text{Tangente} = \frac{\text{passo da rosca sem-fim}}{\text{diâmetro primit. da engrenagem}} \times 3{,}14$$

$$\text{Tangente} = \frac{3/8}{48 \times 3{,}14} = \frac{9{,}525}{48 \times 3{,}14}$$

Material chroniony prawem autorskim

$$\text{Tangente} = \frac{9{,}525 \text{ mm}}{48 \times 3{,}14} = 0{,}0632$$

Indo à tabela de tangente encontramos para o número 0,0632 o correspondente a 3° e 38'.

Engrenagens a usar:

$$\frac{\text{Passo da rosca}}{\text{Passo do fuso da fresa}} = \frac{3/8}{1/4} = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{3 \times 10}{2 \times 10} = \frac{30}{20} = \frac{\text{Engrenagens condutoras}}{\text{Engrenagens conduzidas}}$$

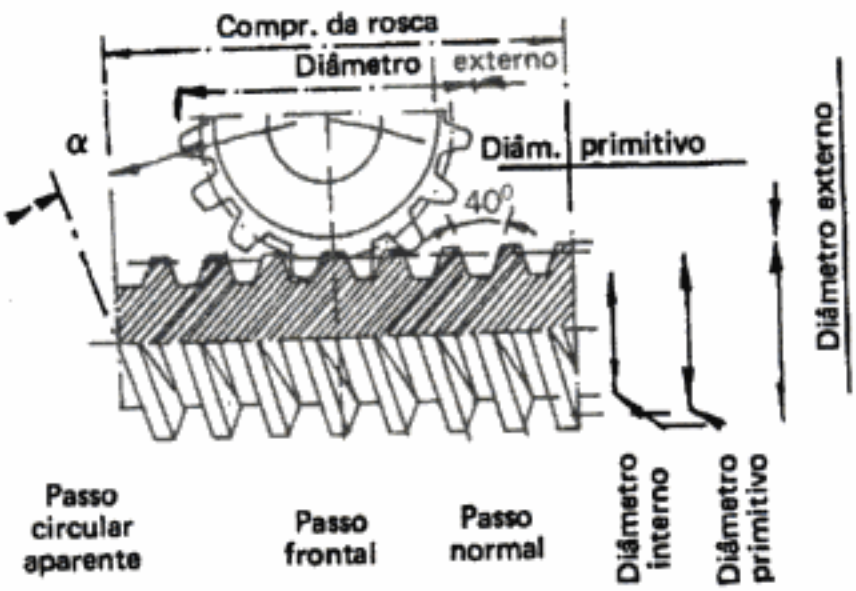


Fig. 4.39

Como calcular a transmissão de movimento de uma rosca sem-fim

Ex.: Uma rosca sem-fim de 2 filetes dá 220 voltas. Que rotação dará a engrenagem, tendo 40 dentes?

$$\text{Rotação da engr.} = \frac{\text{nº de filetes da rosca} \times \text{nº de rotações}}{\text{nº de dentes da engrenagem}}$$

Material chroniony prawem autorskim

$$\text{Rotação da engr.} = \frac{220 \times 2}{40} = \frac{440}{40} = 11 \text{ voltas}$$

Como calcular os elementos de um conjunto — coroa — rosca sem-fim

Estabelecer todos os cálculos para um conjunto de uma rosca sem-fim de 2 entradas, módulo 3, engrenando com uma coroa de 20 dentes.

Cálculo da rosca sem-fim (Ver também figs. 4.39 e 4.40).

$$\text{Diâmetro primitivo} = \text{8 a 16 módulo normal} \quad \text{ou} \quad \text{Diâmetro externo} - \left(2 \times \text{módulo normal}\right)$$

Para o cálculo acima, de 8 a 16 módulo normal vamos tomar 10.

$$\text{Diâmetro primitivo} = 10 \times 3 = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Passo normal} = \text{módulo normal} \times 3{,}14$$

$$\text{Passo normal} = 3 \times 3{,}14 = 9{,}42 \text{ mm}$$

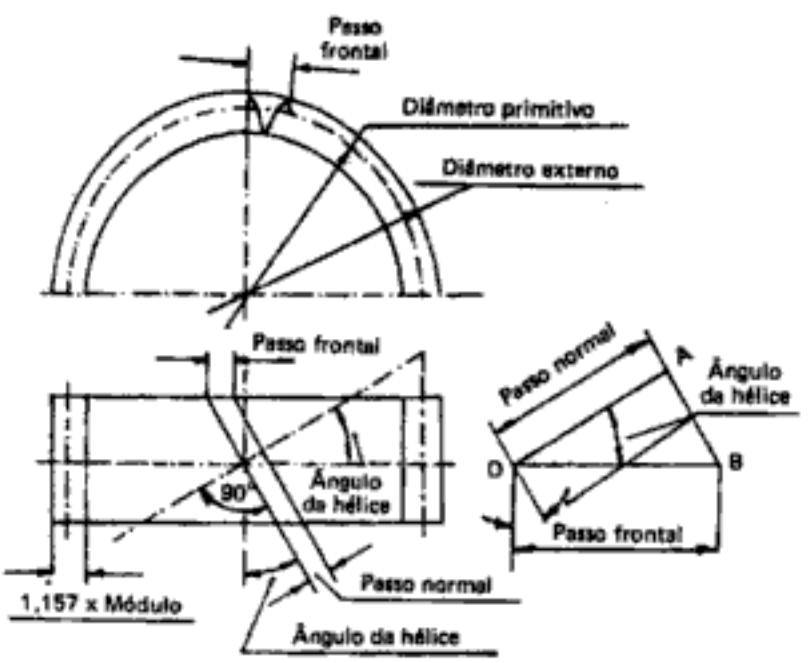


Fig. 4.40

Material chroniony prawem autorskim

$$\text{Tangente ou inclinação dos filetes} = \frac{\text{Passo normal da rosca} \times \text{nº de entradas}}{\text{Diâmetro prim. da rosca} \times 3{,}14}$$

$$\text{Tangente} = \frac{9{,}42 \times 2}{30 \times 3{,}14} = \frac{18{,}84}{94{,}20} = 0{,}200, \text{ que na tabela de tangente corresponde a } 11°20'$$

Para o modo de procurar tangentes, senos etc., veja a pág. 235.

$$\text{Passo frontal} = \frac{\text{passo normal}}{\text{co-seno } \chi}$$

$$\text{Passo frontal} = \frac{9{,}42 \text{ mm}}{0{,}980} = 9{,}62 \text{ mm corresponde a } 0{,}980$$

Obs.: — Para se achar o co-seno χ, vai-se à tabela de co-senos com os 11° e 20' determinados no cálculo anterior = 0,980.

$$\text{Passo da hélice} = \text{passo frontal} \times \text{nº de entradas}$$

$$\text{Passo da hélice} = 9{,}62 \times 2 = 19{,}24 \text{ mm}$$

$$\text{Comprimento do filete} = 5 \times 9{,}62 \text{ mm} = 48{,}1 \text{ mm (aproximado)}$$

$$\text{Altura dos filetes} = 2{,}166 \times \text{módulo normal}$$

$$\text{Alturas dos filetes} = 2{,}166 \times 3 = 6{,}498 \text{ mm}$$

$$\text{Base do filete} = 0{,}967 \times \text{módulo normal}$$

$$\text{Base do filete} = 0{,}967 \times 3 = 2{,}901 \text{ mm}$$

$$\text{Diâmetro externo} = \text{Diâmetro primitivo} + (2 \times \text{módulo normal})$$

$$\text{Diâmetro externo} = 30 + (2 \times 3) = 36 \text{ mm}$$

$$\text{Diâmetro interno} = \text{Diâmetro Primitivo} - 2{,}3 \text{ módulo normal}$$

$$\text{Diâmetro interno} = 30 - (2{,}3 \times 3) = 23{,}1$$

(Vide tabelas a seguir.)

Material chroniony prawem autorskim

Como fazer a fresagem de pinhões para transmissões de corrente

(Cilindros simples)

A fresagem se faz com fresas de formato especial de perfil constante.

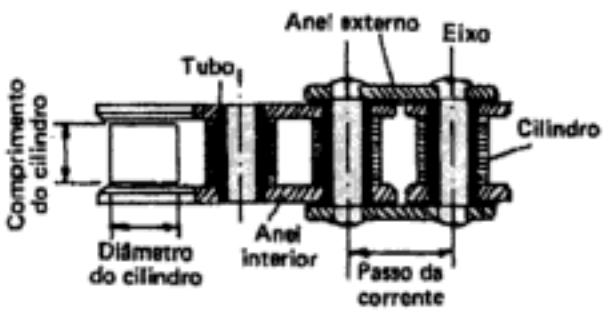


Fig. 4.41

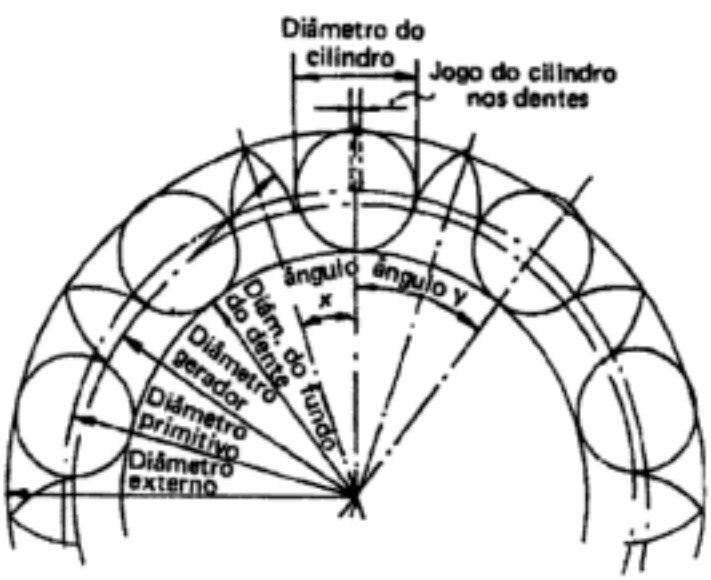


Fig. 4.42

$$\text{Diâmetro externo} = \text{Diâmetro do fundo dos dentes} + (1{,}25 \times \text{passo}) \text{ ou } \text{Diâmetro primitivo} + \text{Diâmetro do cilindro}$$

$$\text{Diâmetro primitivo} = \frac{\text{Passo}}{\text{Seno do ângulo } x}$$

$$\text{Diâmetro gerador} = \frac{\text{Diâmetro primitivo} \times 119}{120}$$

Material chroniony prawem autorskim

$$\text{Diâmetro para controle da fresagem} = \begin{cases} \text{Par} = \text{Diâmetro primitivo} + \text{Diâmetro do cilindro} \\ \text{Ímpar} = \dfrac{\text{Diâmetro primitivo}}{2} \text{ (engrenagem de 2 números de dentes)} + \text{diâmetro do cilindro} \end{cases}$$

$$\text{Diâmetro do fundo dos dentes} = \begin{cases} \text{Par} = \text{Diâmetro primitivo} - \text{Diâmetro do cilindro} \\ \text{Ímpar} = \dfrac{\text{Diâmetro primitivo}}{2} \text{ (engrenagem de 2 números de dentes)} - \text{diâmetro do cilindro} \end{cases}$$

Ângulo *Y* formado pelo passo da corrente = 2 × ângulo *x*

$$\text{Ângulo } x = \frac{180°}{\text{nº de dentes do pinhão}}$$

(½ ângulo formado pela distância dos eixos dos 2 cilindros)

$$\text{Jogo dos cilindros no dentado} = \frac{\text{Diâmetro dos cilindros}}{15} \text{ ou 0,07 a 0,1 do diâmetro do cilindro}$$

Para a fresagem de todos os pinhões, há necessidade de um jogo de nove fresas conforme tabela abaixo

Tabela 4.16

Nº de fresas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nº de dentes	6	7	8	9	10-11	12-13	14-16	17-20	21 (ao inf.)"

Material chroniony prawem autorskim

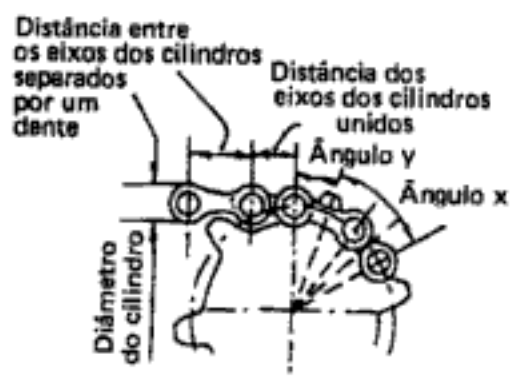
Como fazer os cálculos para fresagem quando a transmissão por corrente tem roletes duplos

Ângulo *x*, diâmetro externo ··· metro do fundo dos dentes se calculam conforme fórmula da corrente de cilindro simples.

$$\text{Diâmetro primitivo} = \frac{\text{Distância entre os eixos do cilindro, separados por um dente.}}{\text{Seno do ângulo } y}$$

$$\text{Tangente do ângulo } y = \frac{\text{Seno do ângulo } x}{\text{Distância dos eixos dos cilindros unidos}}$$

$$= \frac{}{\text{Distância entre os eixos dos cilindros, separados por um dente}} + \text{Co-seno do ângulo } x$$


Distância entre os eixos dos cilindros separados por um dente
Distância dos eixos dos cilindros unidos
Ângulo y
Ângulo x
Diâmetro do cilindro

Explicação:

1º) Fazer a divisão entre o seno *x* pela medida da distância dos eixos do cilindro unidos.

2º) Dividir este resultado pela medida da distância dos eixos do cilindro separados por um dente.

3º) Somar o resultado com o co-seno do ângulo *x*.

Materiał chroniony prawem autorskim

O passo na engrenagem

O passo de uma engrenagem é a distância entre 2 dentes consecutivos, ou seja, 1 dente e 1 folga. (Ver fig. 4.19).

O *passo normal* é medido na linha de engrenamento.

O *passo circular* é medido no círculo primitivo ou em qualquer círculo concêntrico (ver fig. 4.44).

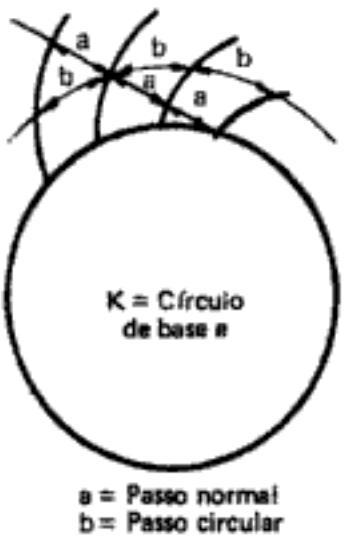


Fig. 4.44

Medição de dentes de engrenagens

Abaixo vemos um micrômetro especial para medição de dentes de engrenagem.

Na espessura dos dentes para um engrenamento sem folga, e para um ajustamento direto nas máquinas, usa-se a medição conjunta de vários dentes, mais uma espessura de um dente.

Materiał chroniony prawem autorskim

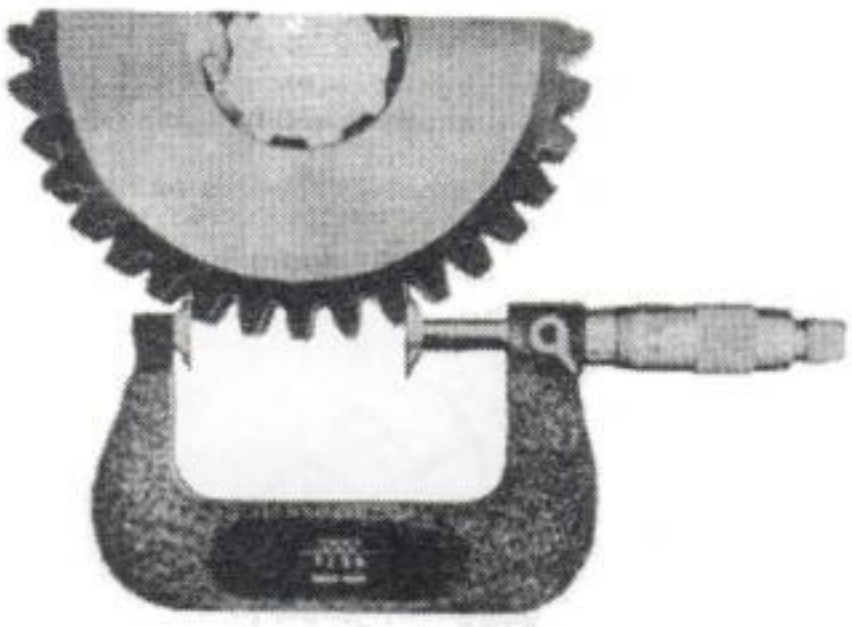


Fig. 4.45

Esta medida é feita conforme a figura 4.45 e a figura abaixo, no círculo da base, isto é, vários passos (passo é 1 dente mais 1 folga, e na figura abaixo aparece como *t*), mais a espessura de 1 dente (na figura = *s*).

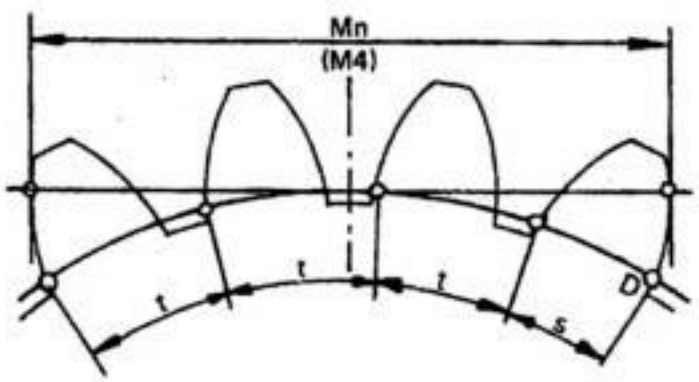


Fig. 4.46

t = 1 dente + folga, isto é, 1 passo.
s = 1 espessura de 1 dente.

Para a medida de 4 dentes, temos:
*M*4 = 3*t* + *s*, ou seja:
Medida de 4 dentes = 3 passos + espessura de 1 dente.

Observação: 3 passos = 3 dentes e 1 folga.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.17
Medição de conjunto de dentes na engrenagem

15°			20°		15°			20°		15°			20°	
N.° de dentes da engrenagem	N.° de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.° de dentes da engrenagem	Medida M n1 (mm)	N.° de dentes da engrenagem	N.° de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.° de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.° de dentes da engrenagem	N.° de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.° de dentes a medir	Medida M n1 (mm)
4	—	—	2	4,4842	54	6	17,9762	7	19,9431	104	9	28,4114	13	38,3582
5	2	4,5815	2	4,4982	55	6	17,9822	7	19,9592	105	9	28,4174	13	38,3722
6	2	4,5875	2	4,5122	56	6	17,9881	7	19,9732	106	10	29,4579	13	38,3862
7	2	4,5934	2	4,5263	57	6	17,9940	7	19,9872	107	10	29,4638	13	38,4002
8	2	4,5993	2	4,5403	58	6	18,0000	7	20,0012	108	10	29,4697	13	38,4143
9	2	4,6053	2	4,5543	59	6	18,0405	7	20,0152	109	10	29,4757	13	38,4283
10	2	4,6112	2	4,5683	60	6	18,0464	7	20,0292	110	10	29,4816	13	38,4423
11	2	4,6172	2	4,5823	61	6	18,0524	8	22,9953	111	10	29,4875	13	38,4563
12	2	4,6231	2	4,5963	62	6	18,0583	8	23,0093	112	10	29,4935	13	38,4703
13	2	4,6290	2	4,6103	63	6	18,0642	8	23,0233	113	10	29,4994	14	41,4264
14	2	4,6350	2	4,6243	64	6	18,0702	8	23,0373	114	10	29,5054	14	41,4504
15	2	4,6409	2	4,6383	65	6	18,0761	8	23,0513	115	10	29,5113	14	41,4644
16	2	4,6469	2	4,6523	66	6	18,0821	8	23,0654	116	10	29,5173	14	41,4784
17	2	4,6528	3	7,6184	67	6	18,0880	8	23,0794	117	10	29,5232	14	41,4924
18	2	4,6587	3	7,6324	68	6	18,0939	8	23,0934	118	11	32,5637	14	41,5064
19	2	4,6647	3	7,6464	69	6	18,0999	8	23,1074	119	11	32,5696	14	41,5204
20	2	4,6706	3	7,6605	70	6	18,1058	9	26,0735	120	11	32,5755	14	41,5344
21	2	4,6766	3	7,6745	71	7	20,1463	9	26,0875	121	11	32,5815	14	41,5485
22	2	4,6825	3	7,6885	72	7	20,1522	9	26,1015	122	11	32,5874	15	44,5146
23	3	7,7230	3	7,7025	73	7	20,1582	9	26,1155	123	11	32,5934	15	44,5286
24	3	7,7289	3	7,7165	74	7	20,1641	9	26,1295	124	11	32,5993	15	44,5426
25	3	7,7349	3	7,7305	75	7	20,1701	9	26,1435	125	11	32,6053	15	44,5566
26	3	7,7408	4	10,6966	76	7	20,1760	9	26,1575	126	11	32,6112	15	44,5706
27	3	7,7467	4	10,7106	77	7	20,1819	9	26,1715	127	11	32,6171	15	44,5846
28	3	7,7527	4	10,7246	78	7	20,1879	10	29,1377	128	11	32,6231	15	44,5986
29	3	7,7586	4	10,7386	79	7	20,1938	10	29,1517	129	12	35,6636	15	44,6126
30	3	7,7646	4	10,7526	80	7	20,1998	10	29,1657	130	12	35,6695	16	47,5788
31	3	7,7705	4	10,7666	81	7	20,2057	10	29,1797	131	12	35,6754	16	47,5928
32	3	7,7765	4	10,7806	82	7	20,2116	10	29,1937	132	12	35,6814	16	47,6068
33	3	7,7824	4	10,7946	83	8	23,2521	10	29,2077	133	12	35,6873	16	47,6208
34	3	7,7883	4	10,8086	84	8	23,2581	10	29,2217	134	12	35,6933	16	47,6348
35	4	10,8288	5	13,7748	85	8	23,2640	10	29,2357	135	12	35,6992	16	47,6488
36	4	10,8348	5	13,7888	86	8	23,2700	10	29,2497	136	12	35,7051	16	47,6628
37	4	10,8407	5	13,8028	87	8	23,2759	11	32,2159	137	12	35,7111	16	47,6768
38	4	10,8466	5	13,8168	88	8	23,2818	11	32,2299	138	12	35,7170	16	47,6908
39	4	10,8526	5	13,8308	89	8	23,2878	11	32,2439	139	12	35,7229	17	50,6569
40	4	10,8585	5	13,8448	90	8	23,2937	11	32,2579	140	12	35,7289	17	50,6709
41	4	10,8645	5	13,8588	91	8	23,2997	11	32,2719	141	13	38,7694	17	50,6849
42	4	10,8704	5	13,8728	92	8	23,3056	11	32,2859	142	13	38,7753	17	50,6989
43	4	10,8763	5	13,8868	93	8	23,3115	11	32,2999	143	13	38,7813	17	50,7129
44	4	10,8823	6	16,8530	94	9	26,3520	11	32,3139	144	13	38,7872	17	50,7270
45	4	10,8882	6	16,8669	95	9	26,3580	11	32,3279	145	13	38,7932	17	50,7410
46	4	10,8942	6	16,8810	96	9	26,3639	12	35,2940	146	13	38,7991	17	50,7550
47	5	13,9346	6	16,8950	97	9	26,3698	12	35,3080	147	13	38,8050	17	50,7690
48	5	13,9406	6	16,9090	98	9	26,3758	12	35,3220	148	13	38,8110	18	53,7351
49	5	13,9465	6	16,9230	99	9	26,3817	12	35,3361	149	13	38,8169	18	53,7491
50	5	13,9525	6	16,9370	100	9	26,3877	12	35,3501	150	13	38,8229	18	53,7631
51	5	13,9584	6	16,9510	101	9	26,3936	12	35,3641	151	13	38,8288	18	53,7771
52	5	13,9643	7	19,9171	102	9	26,3995	12	35,3781	152	13	38,8347	18	53,7911
53	5	13,9703	7	19,9311	103	9	26,4055	12	35,3921	153	14	41,8752	18	53,8051

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 4.17 (continuação)

15°			20°		15°			20°		15°			20°	
N.º de dentes da engrenagem	N.º de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.º de dentes da engrenagem	Medida M n1 (mm)	N.º de dentes da engrenagem	N.º de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.º de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.º de dentes da engrenagem	N.º de dentes a medir	Medida M n1 (mm)	N.º de dentes a medir	Medida M n1 (mm)
154	14	41,8812	18	53,8192	204	18	54,3164	24	72,3322	254	22	66,7515	30	90,6433
155	14	41,8871	18	53,8332	205	18	54,3223	24	72,3462	255	22	66,7575	30	90,6593
156	14	41,8930	19	56,7993	206	18	54,3282	24	72,3602	256	22	66,7634	30	90,6733
157	14	41,8990	19	56,8133	207	18	54,3342	24	72,3742	257	22	66,7694	30	90,6872
158	14	41,9049	19	56,8273	208	18	54,3401	25	75,3404	258	23	69,8099	30	90,7013
159	14	41,9109	19	56,8413	209	18	54,3461	25	75,3544	259	23	69,8158	30	90,7153
160	14	41,9168	19	56,8553	210	18	54,3520	25	75,3684	260	23	69,8217	31	93,6814
161	14	41,9227	19	56,8693	211	19	57,3925	25	75,3824	261	23	69,8277	31	93,6953
162	14	41,9287	19	56,8833	212	19	57,3984	25	75,3964	262	23	69,8336	31	93,7095
163	14	41,9346	19	56,8973	213	19	57,4044	25	75,4104	263	23	69,8396	31	93,7235
164	15	44,9731	19	56,9113	214	19	57,4103	25	75,4244	264	23	69,8455	31	93,7375
165	15	44,9810	20	59,8775	215	19	57,4162	25	75,4384	265	23	69,8514	31	93,7515
166	15	44,9870	20	59,8915	216	19	57,4222	25	75,4524	266	23	69,8574	31	93,7655
167	15	44,9929	20	59,9055	217	19	57,4281	26	78,4186	267	23	69,8633	31	93,7795
168	15	44,9989	20	59,9195	218	19	57,4341	26	78,4326	268	23	69,8693	31	93,7935
169	15	45,0048	20	59,9335	219	19	57,4400	26	78,4466	269	23	69,8752	32	96,7596
170	15	45,0107	20	59,9475	220	19	57,4459	26	78,4606	270	24	72,9157	32	96,7736
171	15	45,0167	20	59,9615	221	19	57,4519	26	78,4746	271	24	72,9216	32	96,7876
172	15	45,0226	20	59,9755	222	19	57,4578	26	78,4886	272	24	72,9276	32	96,8016
173	15	45,0286	20	59,9895	223	20	60,4983	26	78,5026	273	24	72,9335	32	96,8157
174	15	45,0345	21	62,9557	224	20	60,5043	26	78,5166	274	24	72,9394	32	96,8297
175	15	45,0404	21	62,9697	225	20	60,5102	26	78,5306	275	24	72,9454	32	96,8437
176	16	48,0809	21	62,9837	226	20	60,5161	27	81,3967	276	24	72,9513	32	96,8577
177	16	48,0869	21	62,9977	227	20	60,5221	27	81,4107	277	24	72,9573	32	96,8717
178	16	48,0928	21	63,0117	228	20	60,5280	27	81,4247	278	24	72,9632	33	99,8378
179	16	48,0988	21	63,0257	229	20	60,5340	27	81,4388	279	24	72,9691	33	99,8518
180	16	48,1047	21	63,0397	230	20	60,5399	27	81,4528	280	24	72,9751	33	99,8658
181	16	48,1106	21	63,0537	231	20	60,5458	27	81,4668	281	24	72,9810	33	99,8798
182	16	48,1166	21	63,0677	232	20	60,5518	27	81,4808	282	25	76,0215	33	99,8938
183	16	48,1225	22	66,0338	233	20	60,5577	27	81,4948	283	25	76,0275	33	99,9078
184	16	48,1285	22	66,0479	234	20	60,5637	27	81,5088	284	25	76,0334	33	99,9218
185	16	48,1344	22	66,0619	235	21	63,6041	28	84,4749	285	25	76,0393	33	99,9358
186	16	48,1403	22	66,0759	236	21	63,6101	28	84,4889	286	25	76,0453	34	102,9020
187	16	48,1463	22	66,0899	237	21	63,6160	28	84,5029	287	25	76,0512	34	102,9160
188	17	51,1868	22	66,1039	238	21	63,6220	28	84,5169	288	25	76,0572	34	102,9300
189	17	51,1927	22	66,1179	239	21	63,6279	28	84,5309	289	25	76,0631	34	102,9440
190	17	51,1986	22	66,1319	240	21	63,6338	28	84,5449	290	25	76,0690	34	102,9580
191	17	51,2046	23	69,0980	241	21	63,6398	28	84,5589	291	25	76,0750	34	102,9720
192	17	51,2105	23	69,1120	242	21	63,6457	28	84,5730	292	25	76,0809	34	102,9860
193	17	51,2165	23	69,1260	243	21	63,6517	29	87,5391	293	26	79,1214	34	103,0000
194	17	51,2224	23	69,1400	244	21	63,6576	29	87,5531	294	26	79,1273	34	103,0140
195	17	51,2283	23	69,1540	245	21	63,6635	29	87,5671	295	26	79,1333	35	105,9802
196	17	51,2343	23	69,1680	246	21	63,6695	29	87,5811	296	26	79,1392	35	105,9942
197	17	51,2402	23	69,1820	247	22	66,7100	29	87,5951	297	26	79,1452	35	106,0082
198	17	51,2462	23	69,1961	248	22	66,7159	29	87,6091	298	26	79,1511	35	106,0222
199	17	51,2521	24	72,1622	249	22	66,7218	29	87,6231	299	26	79,1570	35	106,0362
200	18	54,2926	24	72,1762	250	22	66,7278	29	87,6371	300	26	79,1630	35	106,0502
201	18	54,2985	24	72,1902	251	22	66,7337	30	90,6033					
202	18	54,3045	24	72,2042	252	22	66,7397	30	90,6173					
203	18	54,3104	24	72,2182	253	22	66,7456	30	90,6313					

Exemplo: Para um ângulo de engrenamento de 15° em 1 engrenagem de 50 dentes, medindo-se 5 dentes, temos 13,9525. Se o ângulo for de 20°, medimos 6 dentes e temos 16,9370. (Ver fig. 4.45).

Materiał chroniony prawem autorskim

Quando desejamos um outro número de dentes, que vamos indicar com a letra n, temos:

$$Mn = (n - 1)\,t + s$$

Explicação: Medida n de dentes = (nº de dentes − 1) × passo + espessura de 1 dente (passo = 1 dente e 1 folga).

Também: $Mn = (1.476\,065 \times k) + (0{,}013\,996 \times$ nº dentes engr.)

K = coeficiente correspondente.

Veja tabela 4.17.

Na 1ª coluna, temos o número de dentes da engrenagem, indo de 4 a 300 dentes.

Na 2ª coluna, temos o número de dentes que tomamos para medir, e na 3ª coluna, o resultado da medida. A tabela é para um ângulo de engrenamento de 15° e 20°.

Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 5

CNC

Introdução à máquina comando numérico

Este capítulo tem por objetivo fornecer subsídios para que as pessoas da área da mecânica, que procuram desenvolvimento profissional e noções gerais de programação de máquinas CNC, possam interpretar esse tipo de linguagem aplicada a essas máquinas modernas.

Vale lembrar que existem diversas máquinas, com diversos fabricantes de CNC, espalhadas pelas fábricas e oficinas, com diferentes características, porém, com o objetivo principal que consiste em facilitar o trabalho do homem, garantindo, assim, um melhor rendimento e eficiência da máquina em relação à qualidade dos serviços executados. Para isto, faz-se necessário o conhecimento de equipamentos convencionais, a fim de obtermos um rendimento melhor e, a partir daí, alcançarmos os objetivos da qualidade.

As máquinas CNC são semelhantes às máquinas convencionais, e partindo de um princípio geral, foram melhoradas, introduzindo-se alguns elementos essenciais para essa transformação, como é o caso dos fusos de esferas recirculantes com porcas de ajuste, eliminando as folgas dos fusos, garantindo uma melhor precisão. Também uma unidade de comando, e é este o principal responsável pelo nome CNC, que manda sinais elétricos a dispositivos, como, por exemplo, réguas óticas, permitindo, assim, a movimentação dos eixos/carros e também o CLP (controlador lógico programável) responsável pelo controle de outras funções da máquina, como: ligar eixo-árvore, refrigerante de corte, etc. A essa integração de dispositivos mecânicos com eletrônicos, damos o nome de *mecatrônica.*

As máquinas CNC possuem eixos imaginários que dão referência à programação, podendo citar como exemplo o torno CNC, que possui o eixo longitudinal e através deste eixo, você consegue controlar os comprimentos dos materiais

Materiał chroniony prawem autorskim

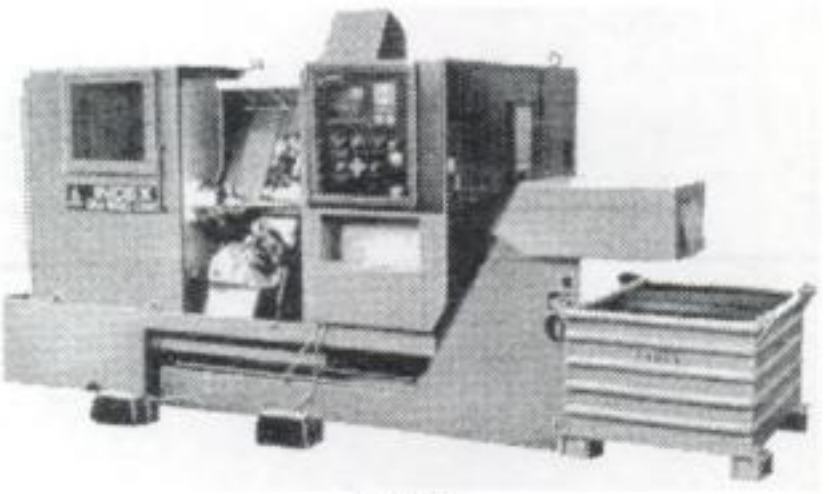


Fig. 5.1
Torno Index GU-600-CNC 4 eixos, equipado com dois cabeçotes revólveres

a serem usinados, ou seja, o eixo *y*, e o eixo longitudinal, que permite controlar os diâmetros a serem usinados, ou seja, o eixo *x*. A esse sistema *xy* chamamos de *coordenadas cartesianas no plano*. Portanto, em tornos, temos apenas 2 eixos (é o que tomamos como referência para os nossos estudos neste capítulo). Mas existem máquinas com até 5 eixos (sendo assim recomendadas outras fontes de consulta).

Com a evolução das máquinas, percebeu-se a necessidade de evoluir-se, concomitantemente, as ferramentas de corte, a fim de obter-se um melhor e maior rendimento e desenvolvimento da capacidade do equipamento CNC. Para tal, recomenda-se a utilização das ferramentas de carboneto de silício SiC: pastilhas intercambiáveis (vide capítulos 3 e 4 ou catálogos de fabricantes).

O princípio que rege a programação de um equipamento CNC é a utilização contínua de comandos, ou seja, funções específicas que, se bem coordenadas e logicamente aplicadas, referem-se à mesma seqüência de operações de um equipamento convencional.

É de fundamental importância determinar o local e as instalações adequadas, assim como os serviços de manutenção, devido aos seus componentes eletrônicos sensíveis e fundamentais para um bom funcionamento do equipamento.

Como já dissemos, são máquinas que facilitam o trabalho e proporcionam inúmeras vantagens, como por exemplo, maior velocidade nos trabalhos, repetibilidade, precisão etc. Porém, é importante ressaltar que nem sempre solucionam todos os problemas. É necessário que se determinem, antes de se efetuar a compra do equipamento, as necessidades e facilidades que essa máquina irá proporcionar.

Material chroniony prawem autorskim

Sistemas de Coordenadas

O sistema ortogonal ou cartesiano é universalmente usado, por simplificar muito os cálculos necessários na programação.

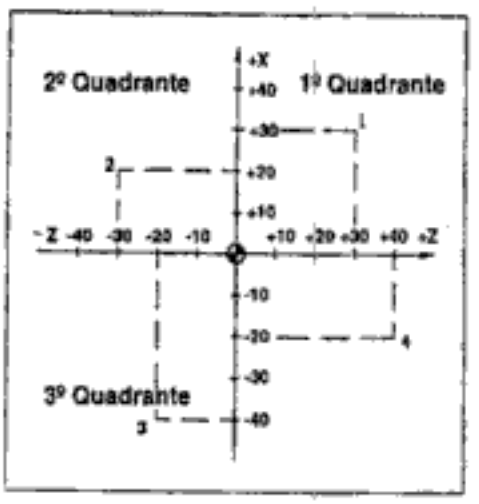


Fig. 5.2

Nesse sistema as abscissas são as distâncias paralelas ao eixo *Z*, e as ordenadas as distâncias paralelas ao eixo *X* e que também todos os pontos partem de uma origem zero. Assim, no desenho acima, temos:

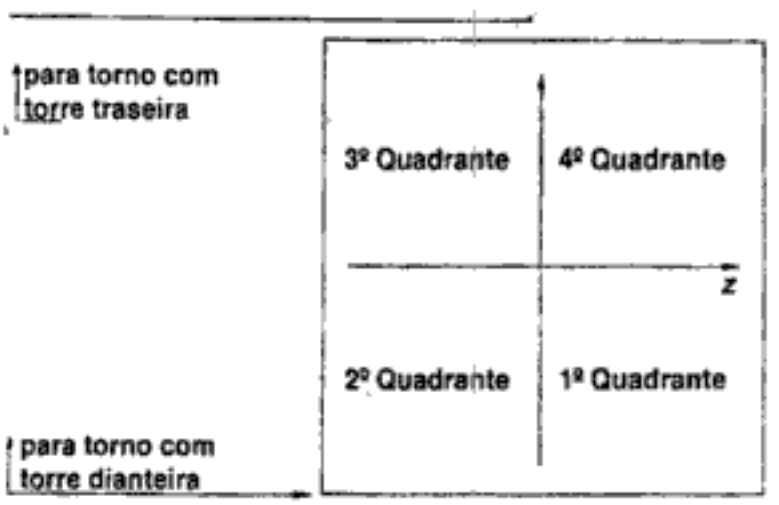


Fig. 5.3

Ponto	eixo *X*	eixo *Z*
1	+ 30	+ 30
2	+ 20	– 30
3	– 40	– 20
4	– 20	+ 40

Quadrante	eixo *X*	eixo *Z*
1º	+	+
2º	+	–
3º	–	–
4º	–	+

No caso específico do torno, todo o trabalho se processa em um plano que passa pelo eixo de simetria da peça. Portanto, temos dois eixos, que, por convenção, o eixo longitudinal é o eixo *Z*, e o transversal será o eixo *X*.

Material chroniony prawem autorskim

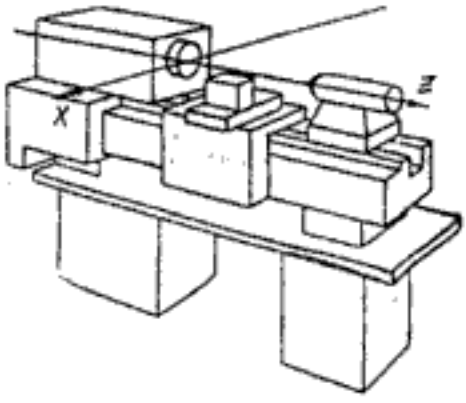


Fig. 5.4

Para podermos aplicar o mesmo sistema ao espaço tridimensional, criamos um terceiro eixo, identificado pela letra "Y", ortogonal aos outros dois, como mostra o exemplo.

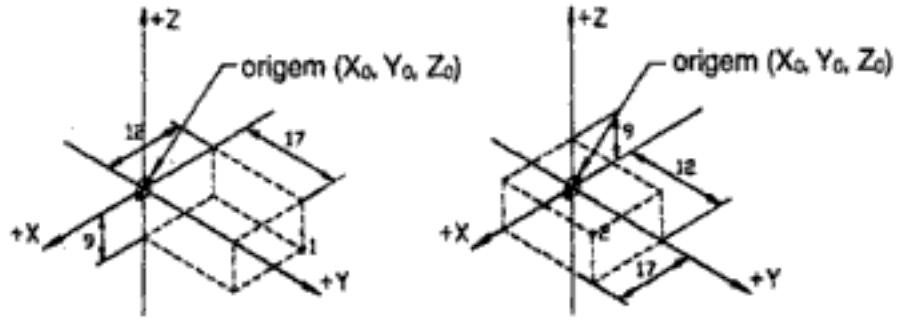


Fig. 5.5

Observação: ◓ simbologia denominada "zero-peça" ou "zero-flutuante".

Note-se que o zero-peça das figuras anteriores estão em posições diferentes da peça.

Este recurso facilita os cálculos dos pontos da peça, portanto as coordenadas cartesianas dos pontos da figura anterior serão:

Ponto	eixo *X*	eixo *Y*	eixo *Z*
1	–12	+17	–9
2	+17	+12	+9

No caso específico de centros de usinagem, fresadoras e até mesmo furadeiras, adotou-se internacionalmente a convenção de orientar o eixo *Z* em sentido paralelo ao eixo de simetria do mandril. O sentido positivo do eixo *Z* é aquele no qual a ferramenta se afasta da peça.

Material chroniony prawem autorskim

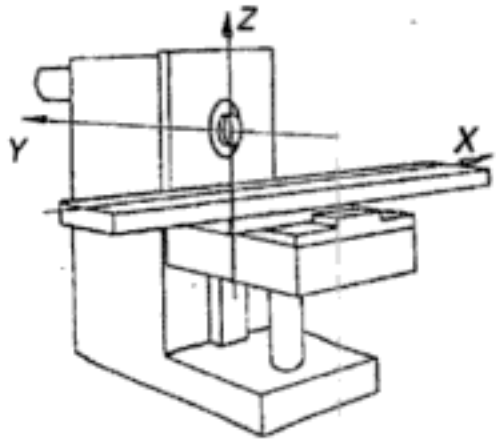


Fig. 5.6

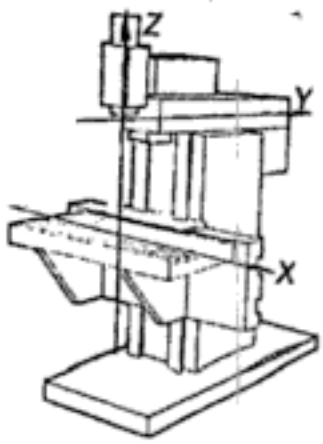


Fig. 5.7

A norma DIN 66025 estabelece a nomenclatura dos eixos e seus sentidos.

Sistemas coordenados de posicionamento usado em CN

Sistema Absoluto — Dizemos que todos os posicionamentos se referem a uma única origem, ou seja, todos os posicionamentos partem do mesmo ponto, com este preestabelecido.

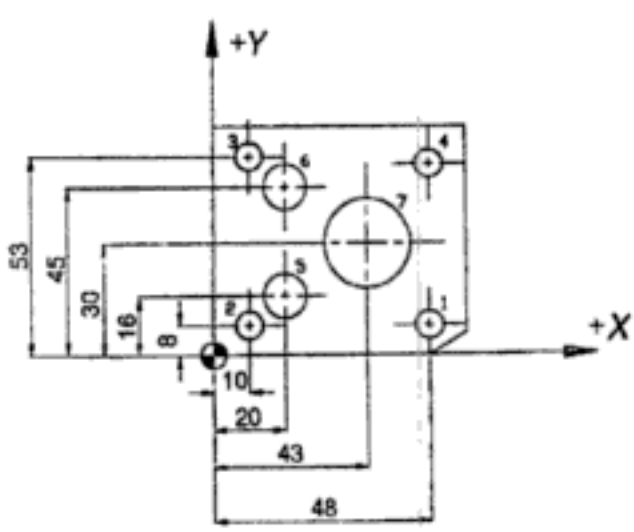


Fig. 5.8

Material chroniony prawem autorskim

Exemplo típico de furadeiras, fresadoras ou centros de usinagem, utilizando sistema absoluto para posicionamento de brocas.

Centro do furo	eixo *X*	eixo *Y*
1	48	8
2	10	8
3	10	53
4	48	53
5	20	16
6	20	45
7	43	30

Aplicação do sistema de coordenadas em absoluto, utilizado em tornos ou centros de torneamento:

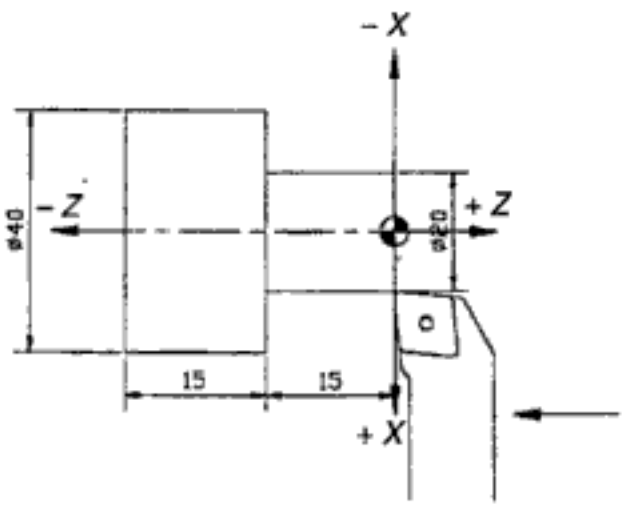
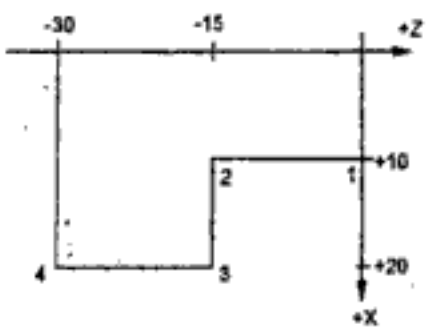


Fig. 5.9

Note que neste exemplo a origem do sistema é no início da peça, ficando assim todas as coordenadas do eixo Z com o sinal negativo.



Ponto	eixo *X*	eixo *Z*
1	+10	0
2	+10	–15
3	+20	–15
4	+20	–30

Fig. 5.10

Materiał chroniony prawem autorskim

Nota — Geralmente os tornos já vêm com a programação em diâmetro, embutida na própria unidade de comando, facilitando os cálculos. Sendo assim, veja como ficaria o exemplo anterior:

Ponto	eixo *X*	eixo *Z*
1	+20	0
2	+20	–15
3	+40	–15
4	+40	–30

Sistema de Coordenadas Incrementais — Neste sistema a origem é estabelecida para cada movimento da ferramenta.

Suponhamos que a ferramenta esteja no ponto *A*, sendo a sua origem (x_o, y_o), e que ela se deslocará até o ponto *B*, quando a ferramenta atingir o novo ponto, a origem será o ponto *B* e assim sucessivamente para demais pontos, como mostra o exemplo a seguir:

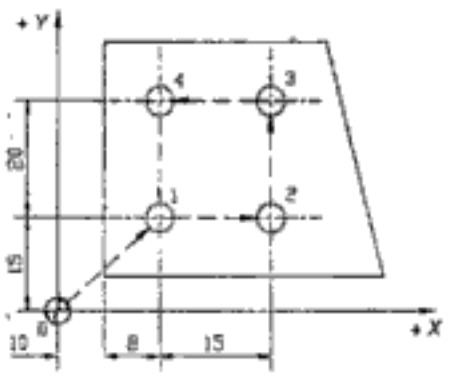


Fig. 5.11

O ponto de partida da ferramenta para fazer os quatro furos, será o ponto 0 (zero).

Centro do furo	Incrementais	
	eixo *X*	eixo *Y*
1	+18	+15
2	+15	0
3	0	+20
4	–15	0

Material chroniony prawem autorskim

Observe que na trajetória da ferramenta do ponto 3 para o ponto 4 no eixo X está com sinal negativo, isso significa que a origem (x_o, y_o) está no ponto 3.

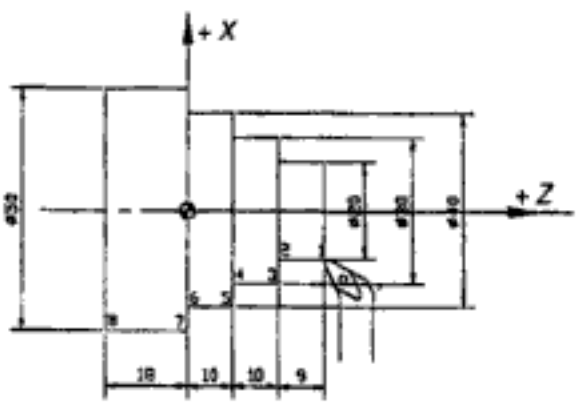


Fig. 5.12

Início da trajetória no ponto 1

Trajetória		Coordenadas absolutas		Coordenadas incrementais	
de	para	eixo *X*	eixo *Z*	eixo *X*	eixo *Z*
1	2	– 20	+ 20	0	– 9
2	3	– 30	+ 20	– 10	0
3	4	– 30	+ 10	0	– 10
4	5	– 40	+ 10	– 10	0
5	6	– 40	0	0	– 10
6	7	– 50	0	– 10	0
7	8	– 50	– 18	0	– 18

Observe a trajetória da ferramenta do exercício anterior no plano cartesiano.

Perceba que a peça já foi colocada no 3º e 4º quadrante, no plano cartesiano, por isso o sinal negativo.

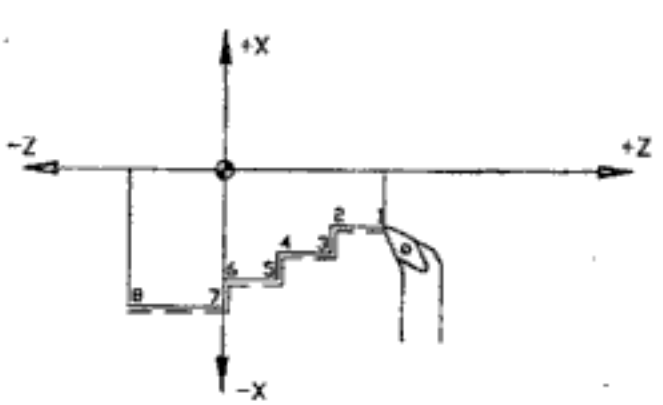


Fig. 5.13

Material chroniony prawem autorskim

Funções de programação

São todos os comandos de programação com significado e função específica, obedecendo a seqüência de operação.

Funções modais — são todas as funções que, uma vez programadas, permanecem na memória do comando, valendo para todos os blocos posteriores.

Funções não-modais — ao contrário das funções modais, essas, uma vez solicitadas, devem ser programadas, ou seja, são válidas somente no bloco que foi solicitado.

Funções preparatórias — são aquelas que preparam o comando para um determinado modo de operar.

Funções de posicionamento — são aquelas que definem a posição da ferramenta no plano cartesiano (x, y, z).

Funções auxiliares — são aquelas definidas no mesmo plano de trabalho, como, por exemplo, coordenadas de centro de arco.

Orientação das Funções de Comando Numérico para Centros de Torneamento

Tabela 5.1
Tabela de funções auxiliares

Função	Descrição	Unidade
N	Número de seqüência	—
G	Função preparatória	—
X	Função de posicionamento	mm
Y	Função de posicionamento	mm
I	Função de posicionamento auxiliar medido na direção de *X*	mm
K	Função de posicionamento auxiliar medido na direção de *Y*	mm
R	Programação do raio	mm
F	Velocidade de avanço	mm/min
S	Rotação do eixo-árvore ou velocidade de corte constante	rpm ou m/min
T	Número da ferramenta e corretor	—
M	Função auxiliar	—

Material chroniony prawem autorskim

Orientação para Linguagem de Programação

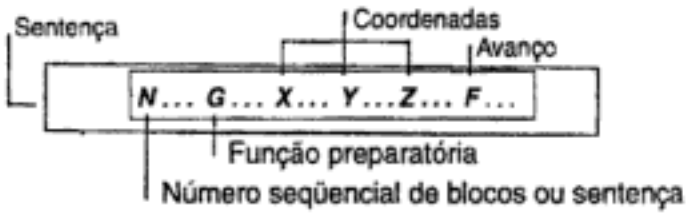


Tabela 5.2
Orientação para funções preparatórias em tornos

Função	Modal Não-modal	Descrição
G00	modal	Avanço rápido
G01	modal	Interpolação linear
G02	modal	Interpolação circular, sentido horário
G03	modal	Interpolação circular, sentido anti-horário
G04	não-modal	Tempo de permanência, endereço D
G20	modal	Programação em diâmetro
G21	modal	Programação em raio
G33	modal	Modo de roscar
G37	modal	Modo de roscar automático
G40	modal	Cancela compensação de raio da ponta da ferramenta
G41	modal	Compensação de raio da ponta da ferramenta, direita
G42	modal	Compensação de raio da ponta da ferramenta, esquerda
G53	modal	Cancela todos os corretores de placa
G54	modal	Ativa o 1º corretor da placa
G55	modal	Ativa o 2º corretor da placa
G56	modal	Ativa o 3º corretor da placa
G57	modal	Ativa o 4º corretor da placa
G70	modal	Programação em polegadas
G71	modal	Programação no sistema métrico
G74	não-modal	Ciclo de furação e torneamento
G75	não-modal	Ciclo de canais e faceamento
G90	modal	Programação em coordenadas absolutas
G91	modal	Programação em coordenadas incrementais
G92	modal	Limite de rotação do eixo-árvore
G94	modal	Programação em mm/min para velocidade de corte
G95	modal	Programação em mm/rot para velocidade de corte
G96	modal	Programação em velocidade de corte constante em mm/min
G97	modal	Programação em rpm direto
G98	não-modal	Definição de máxima rpm
G99	modal	Programação em função do zero-máquina

Materiał chroniony prawem autorskim

Orientação para Funções Auxiliares

Tabela 5.3
Tabela de funções auxiliares

Função	Descrição
M00	Parada do programa
M01	Parada do programa opcional
M02	Fim de programa
M03	Sentido horário de rotação do eixo-árvore
M04	Sentido anti-horário de rotação do eixo-árvore
M05	Desliga o eixo-árvore
M06	Libera giro da torre
M07	Fluido de corte com ar sob alta pressão
M08	Liga o refrigerante de corte
M09	Desliga o refrigerante de corte
M10	Troca de faixa de rotação
M11	Troca de faixa de rotação
M12	Troca de faixa de rotação
M24	Abre placa
M25	Fecha placa
M30	Fim de programa com rebobinamento até o início do programa

A função *T* define a seleção de ferramentas e seus respectivos corretores.

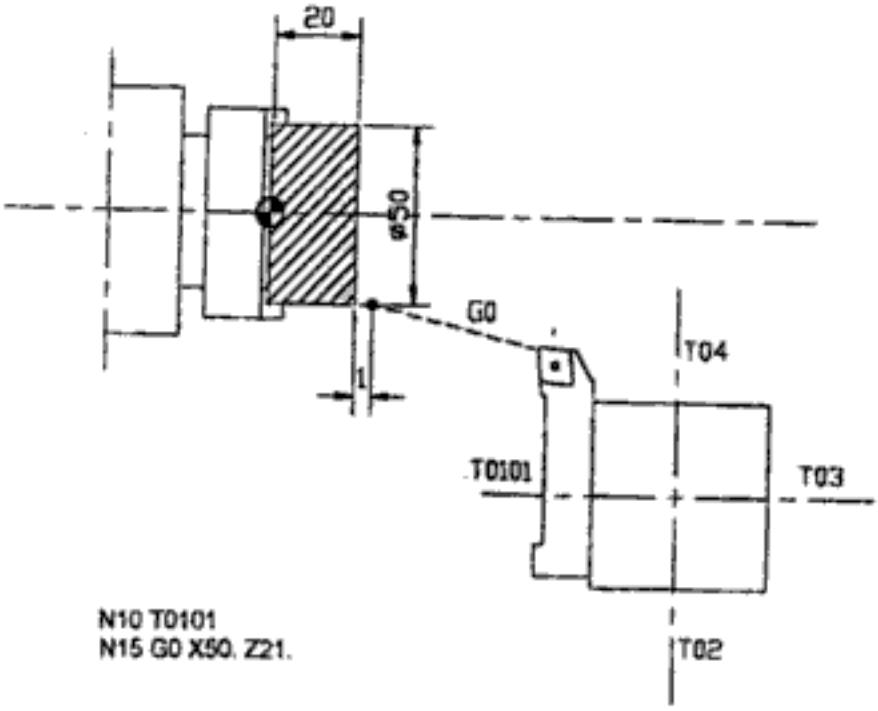
Exemplo:

N10 T0505
T T O corretor é o número 5
A ferramenta é a número 5

Observação: Pode-se usar a mesma ferramenta com corretores diferentes, uma aplicação típica é quando temos vários diâmetros com diferentes campos de tolerância.

A função G0 é a função que faz o avanço rápido, utilizado para aproximação rápida da ferramenta na peça.

Material chroniony prawem autorskim



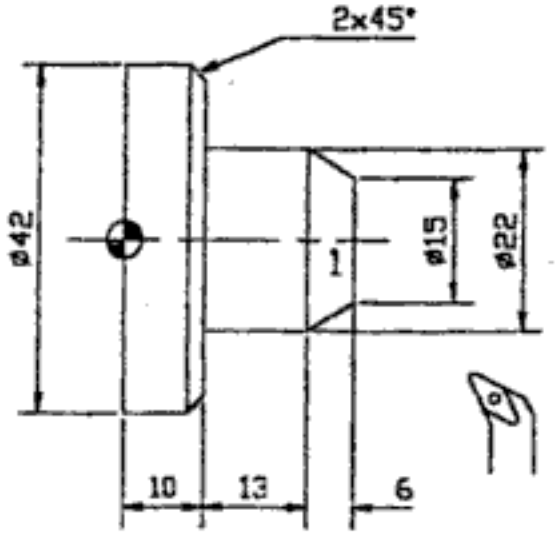
A função G0 cancela a função Gl, G2 e G3.

Interpolação linear (G01)

Esta função tem movimentos nos dois eixos simultaneamente, mas somente movimentos retilíneos e com avanço *F* preestabelecido.

A função Gl cancela as funções G0, G2 e G3.

Exemplo de interpolação linear:



Material chroniony prawem autorskim

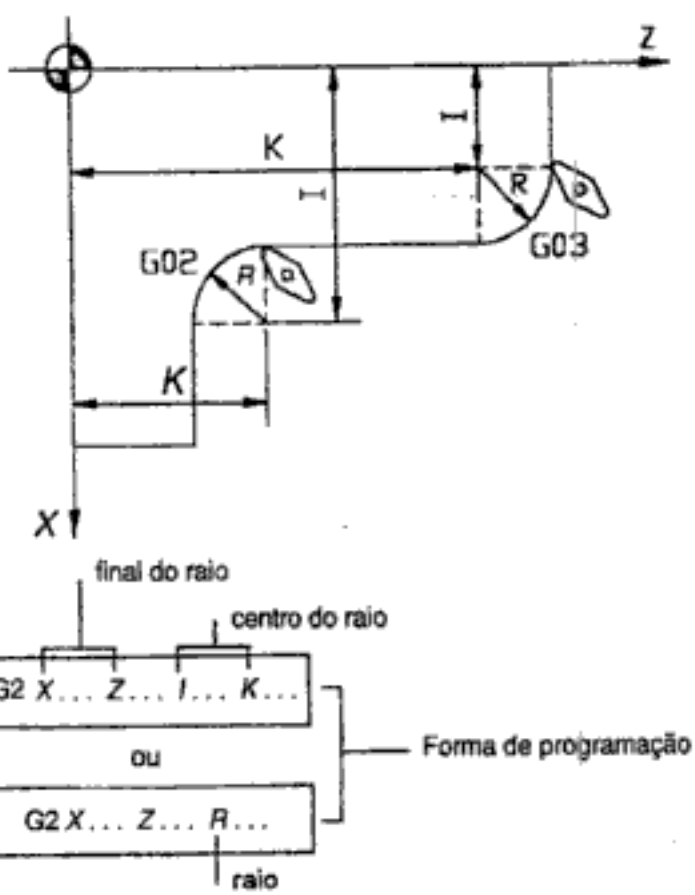
1) Início do percurso da ferramenta

Exemplo de programação:

```
.
.
.
N10   G0    X0     Z29
N15   G1    X15.
N20         X22.   Z23.   F25
N25                Z10
N30         X38.
N35         X42.   Z8.
N40                Z0.
```

Interpolação circular (G02 e G03)

As funções G2 e G3 realizam arcos pré-definidos, através de movimentação simultânea dos dois eixos.



Observação: Vale a mesma seqüência para G3.

Material chroniony prawem autorskim

O que se deve conhecer para fazer a programação de um arco?

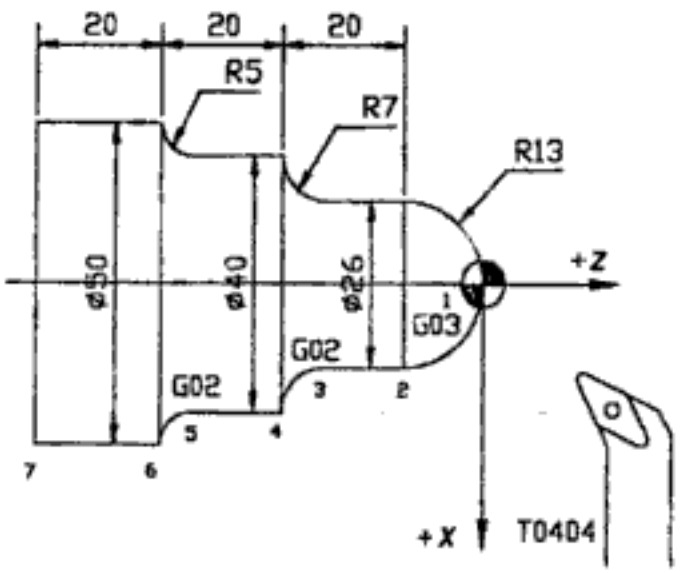
1º) O ponto de partida de um arco;

2º) Saber se a interpolação circular é no sentido horário (G03) ou anti-horário (G02);

3º) Saber o ponto final do arco em *X* e *Z*.

As funções G02 e G03 têm que ser programadas juntamente com as funções *I* e *K* ou então, com a função *R* (valor pré-definido do raio), como mostra o exemplo a seguir.

Observação: A função *I* deve ser programada no diâmetro.



Veja como ficariam as coordenadas *I* e *K* nas interpolações circulares

Coordenada	ponto 1-2	ponto 3-4	ponto 5-6
I	0	+40	+50
K	–13	–26	–48

portanto, o programa ficaria assim:

```
.
.
.
G     X0     Z1.                    ;aproximação da ferramenta#
G1           ZO      F.20           ;início do raio#
G3    X26.   Z-13.   10     K-13    ;interpolação#
ou
```

Material chroniony prawem autorskim

```
G3    X26.   Z-13.   R13.          ;interpolação#
G             Z-26.   F.25         ;início da interpolação#
G2    X40.   Z-33.   I40.   K-26   ;interpolação
ou
G2    X40.   Z-33.   R7.#
G             Z-48.                ;início da interpolação#
G2    X50.   Z-53.   I50.   K-48.  ;interpolação#
ou
G2    X50.   Z-53.   R5.#
G             Z-73.                ;final da operação#
G0    X80.   Z10.                  ;afastamento da ferramenta#
```

Todo programa é composto de blocos de informações, sempre contendo um código EOB (*End Off Block*) no final de cada bloco, simbolizado por #.

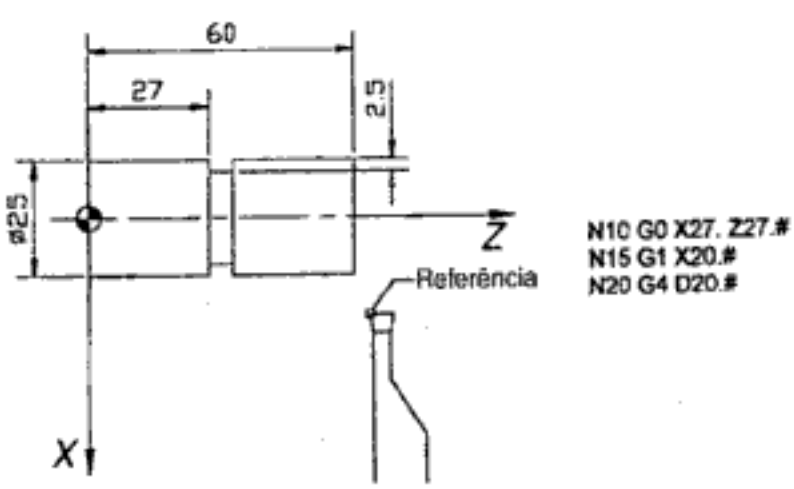
No programa anterior foi usado ponto e vírgula (;), para dar informações sobre a seqüência de operações, controle de programa, documentação e até mesmo servindo como mensagem ao operador.

A função barra (/) serve para inibir a execução de blocos no programa.

Orientação para aplicação de função G04

A função tempo de permanência (G04) executa uma permanência que é definida por um valor *D*. Essa função deve ser incluída no final do bloco.

Para novos blocos seguintes, que tiverem o mesmo valor de permanência, podem ser programados apenas com a função G04.



Observação: O valor *D* da função G04 é sempre multiplicado por 10.

Material chroniony prawem autorskim

Orientação para a função G20 e G21

Nos centros de torneamento, geralmente se encontra ativada a função G20 que, automaticamente, cancela a função G21 (programação em raio) programada anteriormente.

Orientação para roscamento G33

O que a função G33 necessita no bloco:

X — profundidade por passada em diâmetro e no sistema de coordenadas absolutas;

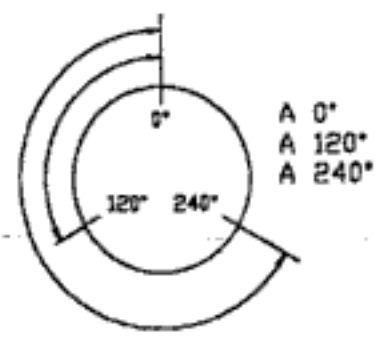
Observação: para rosca cônica utiliza-se diâmetro final.

Y — posição final do comprimento da rosca;

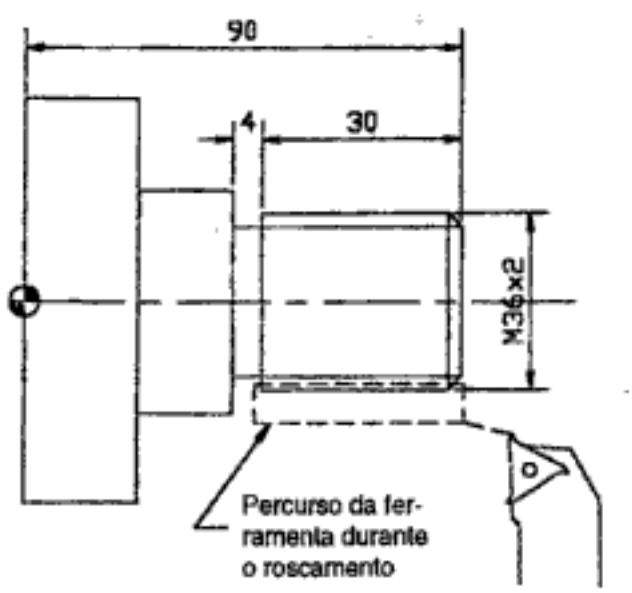
K — passo da rosca em incremental;

I — conicidade incremental no eixo *X* para rosca cônica;

A — abertura angular entre as entradas da rosca em absoluta (mais de uma entrada).



Aplicação da função G33



Material chroniony prawem autorskim

1) Cálculo da altura do filete

$H = (0{,}65 \cdot \text{passo}) \cdot 2$

H = altura do filete

$H = (0{,}65 \cdot 2) \cdot 2$

$H = 2{,}6\text{mm}$

2) Cálculo do diâmetro final da rosca no eixo X

X = diâmetro inicial – altura do filete (H)

$X = 36 - 2{,}6$

$X = 33{,}4$ mm

Irão ser dados 10 passes para conclusão da rosca.

Portanto:

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
x	35,74	35,48	35,22	34,96	34,7	34,44	34,18	33,92	33,66	33,4

$$\frac{\text{Altura do filete}}{\text{Número de passes}} = \text{Profundidade por passada}$$

$$\frac{2{,}6}{10} = 0{,}26 \text{ mm a menos em cada passe}$$

```
N10   G0    X38.    Z93.#
N15   G     X35.74                ;posição 1º passo#
N20   G33           Z58.    K2.#
N25   G     X38.#
N30   G           Z93.#
N35   G     X35.48                ;posição 2º passo#
N40   G33          Z58.    K2.#
N45   G     X38.#
N50   G           Z93.#
N55   G     X35.22                ;posição 3º passo#
N60   G33          Z58.    K2.#
N65   G     X38.#
N70   G           Z93.#
N75   G     X34.96                ;posição 4º passo#
N80   G33          Z58.    K2.#
N85   G     X38.#
N90   G           Z93.#
N95   G     X34.7                 ;posição 5º passo#
```

Material chroniony prawem autorskim

```
N100  G33        Z58.   K2.#
N105  G    X38.#
N110  G          Z93.#
N115  G    X34.44                ;posição 6º passo#
N120  G33        Z58.   K2.#
N125  G    X38.#
N130  G          Z93.#
N135  G    X34.18                ;posição 7º passo#
N140  G33        Z58.   K2.#
N145  G    X38.#
N150  G          Z93.#
N155  G    X33.92                ;posição 8º passo#
N160  G33        Z58.   K2.#
N165  G    X38.#
N170  G          Z93.#
N175  G    X33.66                ;posição 9º passo#
N180  G33        Z58.K2.#
N185  G    X38.#
N190  G          Z93.#
N195  G    X33.4                 ;posição 10º passo#
N200  G33        Z58.   K2.#
N205  G    X38.#
N210  G          Z93.#
N215  G    X90.  Z150.           ;recuo da ferramenta#
N220  M30                        ;parada e rebobinamento
                                  do programa#
```

Orientação para roscamento automático (G37)

Na função G37, a programação é feita em apenas uma sentença, contendo todas as informações para execução da rosca.

Tanto a função G33 como a G37 servem para fazer roscamento com múltiplas entradas, roscas paralelas ou cônicas e roscas internas ou externas.

Nesta função o comando se encarrega de calcular quantas passadas forem necessárias, mantendo o mesmo volume de cavaco retirado na primeira passada.

Quais os parâmetros que devemos conhecer para aplicação da função G37?

Material chroniony prawem autorskim

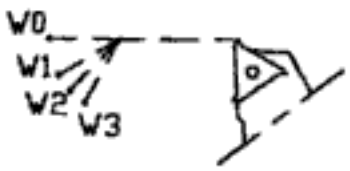
1º) Diâmetro final da rosca no diâmetro em absoluto (*X*)
2º) Posição final do comprimento da rosca em absoluto (*Z*)
3º) Passo da rosca em incremental (*K*)
4º) Abertura angular entre as entradas da rosca em graus (*A*)
5º) Ângulo de alimentação para roscamento em graus (*B*)
6º) Conicidade no eixo *X* em incremental para rosca cônica (*I*)
7º) Profundidade para a primeira passada (*D*)

$$D = \frac{H}{\sqrt{\text{nº de passes}}}$$

onde: *H* — altura do filete no diâmetro

8º) Ângulo de saída da rosca (*W*)

*W*0 = 0 graus
*W*1 = 30 graus
*W*2 = 45 graus
*W*3 = 60 graus

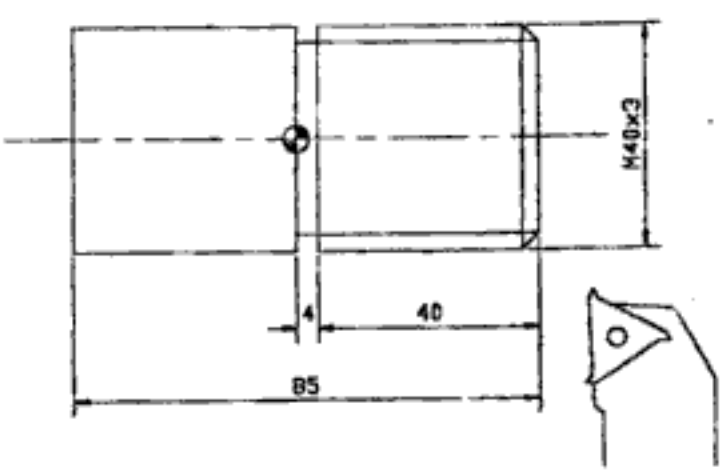


9º) Profundidade do último passe da rosca no diâmetro (incremental) (*U*)
10º) Número de repetição do último passe para acabamento (*L*)
11º) Distância para aproximação no início do roscamento em incremental (*E*)

Para roscamento externo:
$E = \varnothing_{\text{posicionado}} - \varnothing_{\text{externo}}$

para roscamento interno:
$E = \varnothing_{\text{crista interna}} - \varnothing_{\text{posicionado}}$

Aplicação da função G37



Material chroniony prawem autorskim

Serão dadas 8 passadas para conclusão da rosca, portanto, a profundidade para a primeira passada D ficará assim:

$H = (0{,}65 \cdot 3) \cdot 2 = 3{,}9$ mm

$D = \frac{H}{\sqrt{\text{nº de passes}}} = \frac{3{,}9}{\sqrt{8}} = 1{,}37$ mm

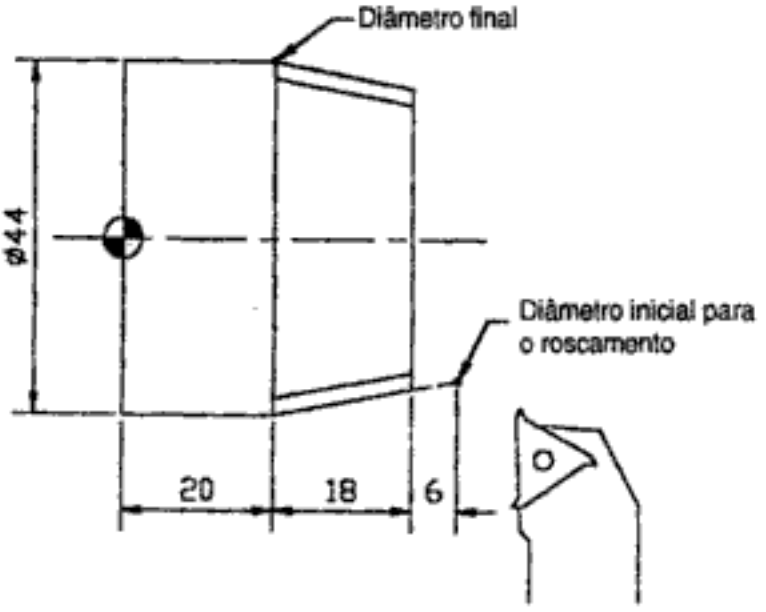
Diâmetro de posicionamento – $x = 42$ mm

$E = 42 - 40$

$E = 2$ mm

```
N20   G0    X42.   Z88.#
N25   G37   X36.1  Z2.    K3.    E2.    D1.37  W2.#
```

Aplicação da função G37 para roscamento cônico



- rosca cônica NPT 12 fios por polegada
- 10 passadas
- $X_{posicionamento} = 46$ mm

Relação de fórmulas necessárias para programação de rosca cônica NPT

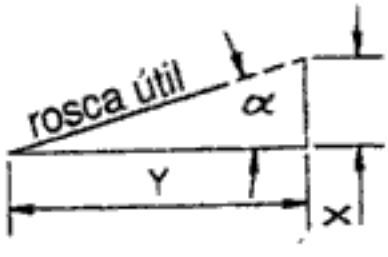
1º) passo $(K) = \frac{25{,}4}{\text{nº fios}}$.

2º) altura do filete $(H) = (0{,}866 \cdot \text{passo}) \cdot 2$

3º) altura do triângulo

$\text{tg}\,\alpha = \frac{x}{y} \therefore \quad x = \text{tg}\,\alpha \cdot y$ ou

$x = (\text{tg}\,\alpha \cdot y) \cdot 2 \rightarrow$ para diâmetro



Material chroniony prawem autorskim

Lembramos que a inclinação da rosca cônica é de 1°47'

4º) Conicidade incremental no eixo X (I) = (tg $\alpha \cdot K$) · 2

5º) Diâmetro inicial = Diâmetro final – Conicidade no eixo X para diâmetro

6º) Profundidade da última passada $D = \frac{H}{\sqrt{\text{nº passes}}}$

7º) Distância de aproximação (E) = Diâmetro posicionado – Diâmetro inicial

8º) Diâmetro final = Diâmetro inicial – Altura do filete

Exemplo de cálculo e de programa do exercício anterior

1º) $K = \frac{25,4}{12} = 2,1166$ mm

2º) $H = (0,866 \cdot 2,1166) \cdot 2 = 3,66$

3º) $\text{tg } \alpha = \frac{x}{y}$

$x = (\text{tg } \alpha \cdot y) \cdot 2$

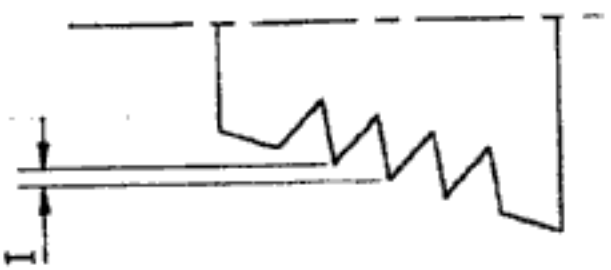
Observação: precisamos fazer a conversão do grau de inclinação

1°47' = 1,78°

$x = (\text{tg } 1,78 \cdot 24) \cdot 2 = 1,49$

4º) I = (tg 1,78 · 2,1166) · 2 = 0,131

O que representa esta conicidade na peça?



5º) Diâmetro inicial = 44 – 1,49 = 42,51 mm

6º) $D = \frac{3,66}{\sqrt{10}} = 1,15$

7º) E = 46 – 42,51 = 3,49 mm

8º) Diâmetro final = 42,51 – 3,66 = 38,85 mm

Material chroniony prawem autorskim

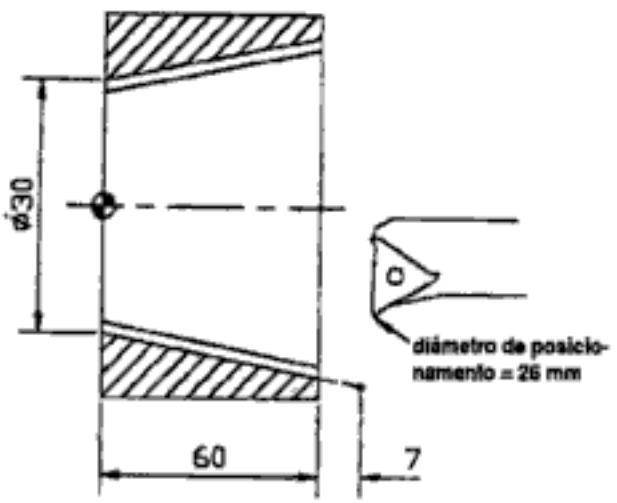
Programa

.
.
.

N20 G0 X46. Z44.#
N25 G37 X38.85 Z20. K2.1166 I.131 E3.49 D1.15#

Exemplo de rosca cônica interna:
Rosca NPT 10 fios por polegada

12 passadas



Cálculos do exemplo anterior
1º) Passo

$$K = \frac{25,4}{10}$$

$K = Z,54$ mm

2º) Altura do filete

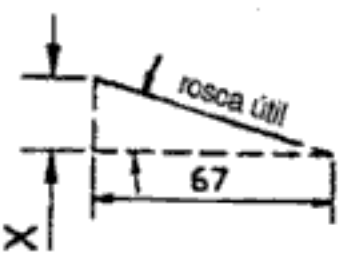
$H = (0,866 \cdot 2,54) \cdot 2$

$H = 4,399 \cong 4,4$

3º) Altura do triângulo

$x = (\text{tg } 1,78 \cdot 67) \cdot 2$

$x = 4,16$



4º) Conicidade incremental em X

$I = (\text{tg } 1,78 \cdot 2,54) \cdot 2$

$I = -0,157$ mm

Observação: para roscamento interno a conicidade incremental em x deverá ser negativa.

5º) Diâmetro inicial

Diâmetro inicial = (30 + 4,16) – altura do filete

Diâmetro inicial = 34,16 – 4,4

Diâmetro inicial = 29,76

Materiał chroniony prawem autorskim

6º) Profundidade da primeira passada

$$D = \frac{4,4}{\sqrt{12}}$$

$D = 1,27$ mm

7º) Distância de aproximação

para diâmetro da crista interna, temos:

$E = \varnothing$ crista – diâmetro posicionamento

$E = 29,76 - 26$

$E = 3,76$ mm

8º) Diâmetro final

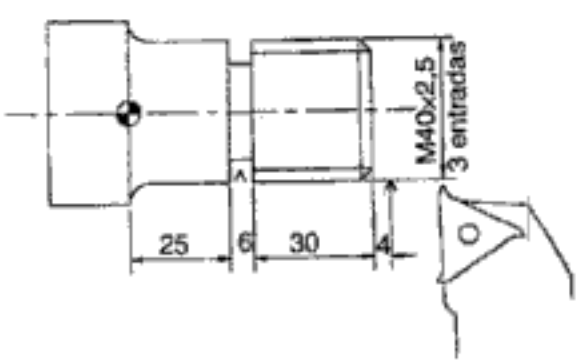
Diâmetro final = 29,76 + 4,4

Diâmetro final = 34,16 mm

Programa da rosca interna:

```
.
.
.
N25 G0  X        Z67.#
N25 G37 X34.16 Z0   K2.54 I-.157 E3.76 D1.27#
```

Exemplo de programação de roscamento com múltiplas entradas



— serão dadas 18 passadas
— diâmetro posicionamento de 44 mm

1º) Altura do filete

$H = (0,65 \cdot 2,5) \cdot 2$

$H = 3,25$ mm

Materiał chroniony prawem autorskim

2º) Diâmetro inicial

Diâmetro inicial = 40 – 3,25

Diâmetro inicial = 36,75

3º) Distância para aproximação no início do roscamento

$E = 44 - 40$

$E = 4$ mm

4º) Passo

K = passo · nº de entradas

$K = 2{,}5 \cdot 3$

$K = 7{,}5$ mm

5º) Profundidade para a primeira passada

$$D = \frac{3{,}25}{\sqrt{18}}$$

$D = 0{,}766$

Programa

```
.
.
.
N25 G0  X44.   Z65.#
N30 G37 X36.75 Z28. K7.5 D.766 A0#
N35 G37 X36.57 Z28. K7.5 D.766 A122.#
N35 G37 X36.57 Z28. K7.5 D.766 A240.#
```

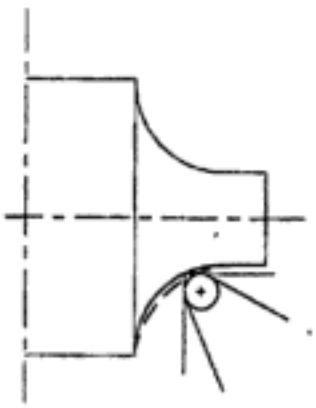
Orientação para compensação do raio de corte (G40, G41, G42)

A função G40 geralmente se encontra ativada quando ligamos a máquina; essa função desativa as funções G41 e G42.

Essa função descompensa o raio de corte da ferramenta, e deve ser programada em um único bloco; o mesmo acontece com as funções G41 e G42.

A função G41 compensa o raio da ponta da ferramenta à esquerda e a função G42 compensa o raio da ponta da ferramenta à direita.

Materiał chroniony prawem autorskim

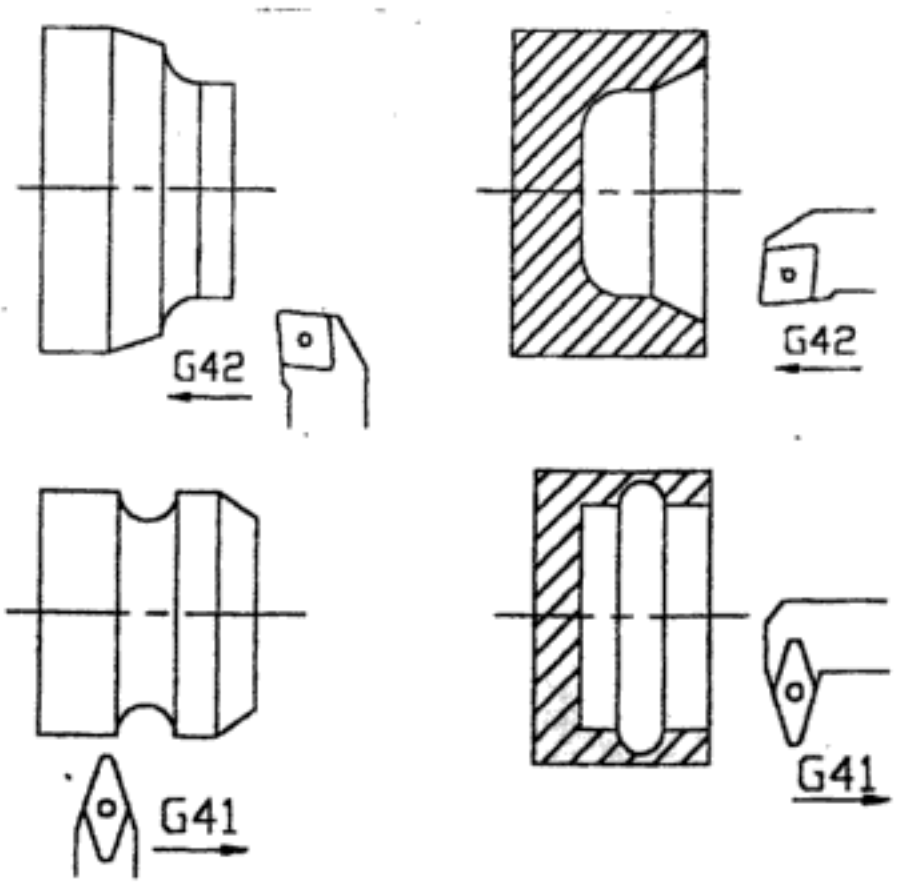


No exemplo acima, podemos observar que quem faz a interpolação é o vértice da ponta da ferramenta (ponto teórico), nessas condições não conseguimos obter o contorno de forma perfeita.

Para se fazer essa compensação, é necessário informar à máquina a geometria da ponta da ferramenta (raio) e o lado de corte, definida por um código *L*.

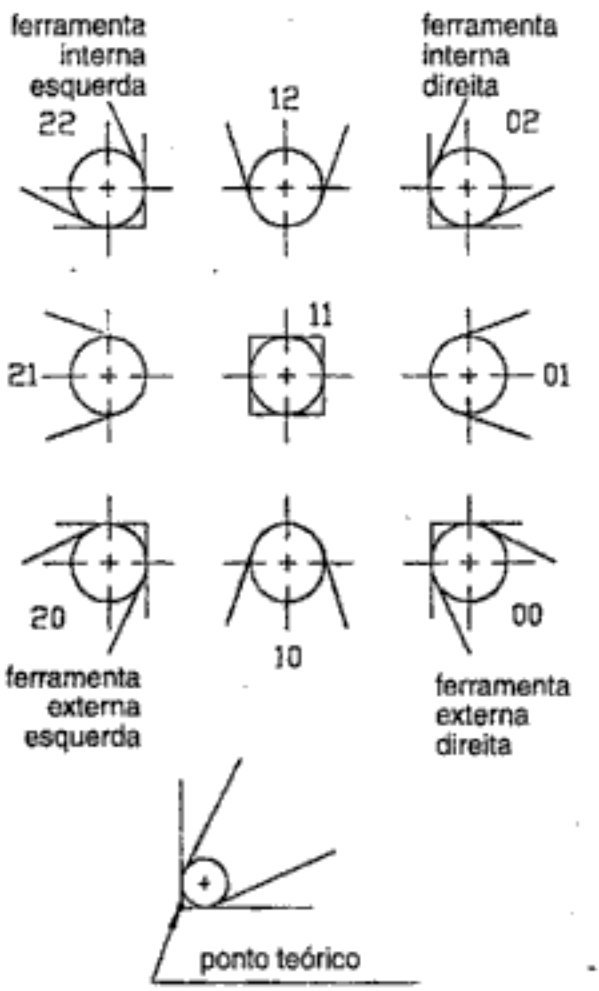
O raio e a posição da ferramenta serão determinados na ajustagem da máquina e informados à memória da máquina.

Orientação para uso das funções G41 e G42



Material chroniony prawem autorskim

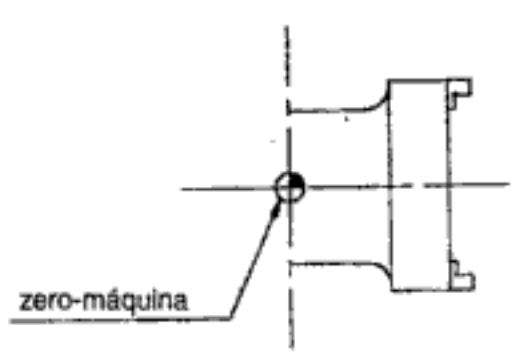
Posição da ferramenta



Orientação para as funções G53, G54, G55, G56 e G57

A função G53 cancela todos os corretores da placa determinada pelas funções G54, G55, G56, G57.

Toda máquina possui o ponto "zero-máquina" definido pelo fabricante, simbolizado por ⊕, assim sendo, é necessário transferir o zero-máquina para o zero-peça.

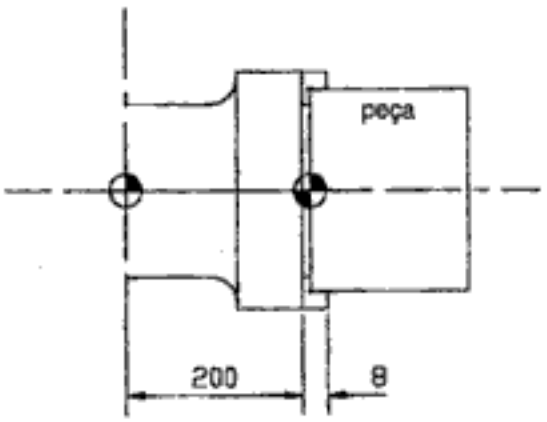


As dimensões dos corretores referem-se somente ao eixo Z, e devem ser introduzidas manualmente no comando da máquina, na preparação da mesma.

As funções "corretores da placa" devem ser programadas para todas as ferramentas.

Materiał chroniony prawem autorskim

Aplicação:



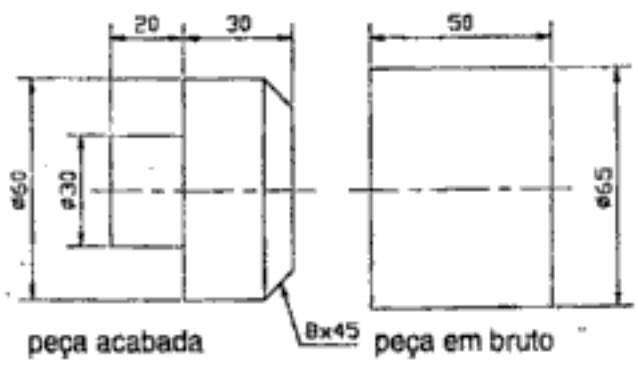
G54 = placa + castanha
G54 = 200 + 8
G54 = 208

Programação

```
.
.
.
N15 T0101 ;ferramenta 01 corretor 01#
N20 G54   ;localização do zero-peças#
.
.
.
N90 T0221 ;ferramenta 02 corretor 2136.57#
M95 G54#
```

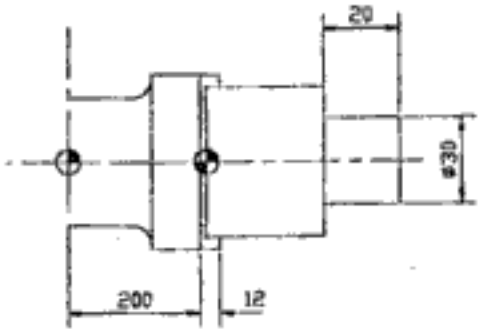
G53	inibe o deslocamento de origem
G54	ativa o deslocamento de origem nº 4
G55	ativa o deslocamento de origem nº 4
G56	ativa o deslocamento de origem nº 4
G57	ativa o deslocamento de origem nº 4

Exemplo



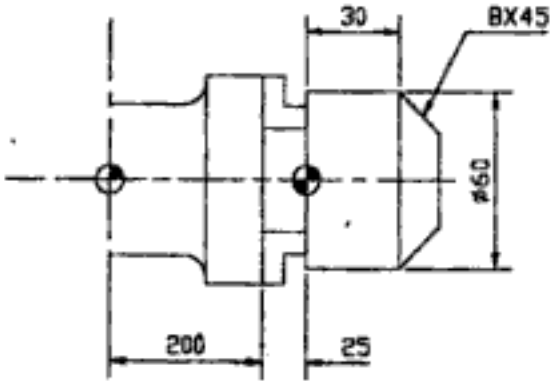
Fases de execução:

Operação 1



Material chroniony prawem autorskim

Operação 2



G54 operação nº 1 Z = 212
G55 operação nº 2 Z = 225

Programa:

.
.
.
N15 T0112#
N20 G54 ;deslocamento de origem nº 1#
.
.
.
N90 T0202#
M95 G55 ;deslocamento de origem nº 2#

Orientação para as funções G70 e G71

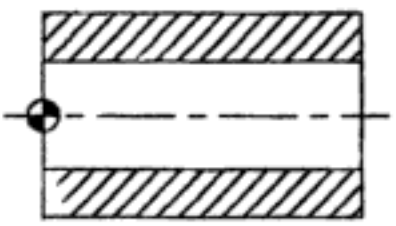
A função G70 admite programação em polegadas e a função G71 admite programação no sistema métrico.

Geralmente as máquinas já vêm acopladas com a função G71, não precisando programar.

Orientação para ciclo de furação e de torneamento G74

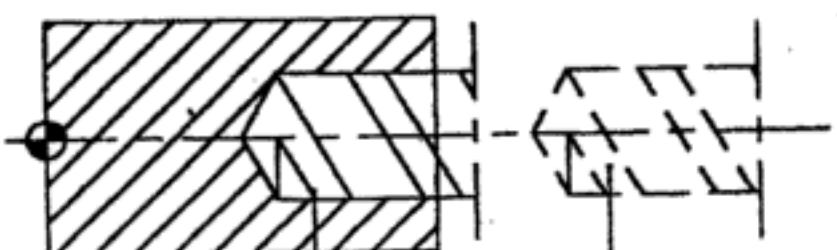
A função G74 pode ser utilizada em furos profundos onde há o retorno da broca fora da peça para que haja a descarga de cavacos, como mostra o exemplo a seguir.

Material chroniony prawem autorskim

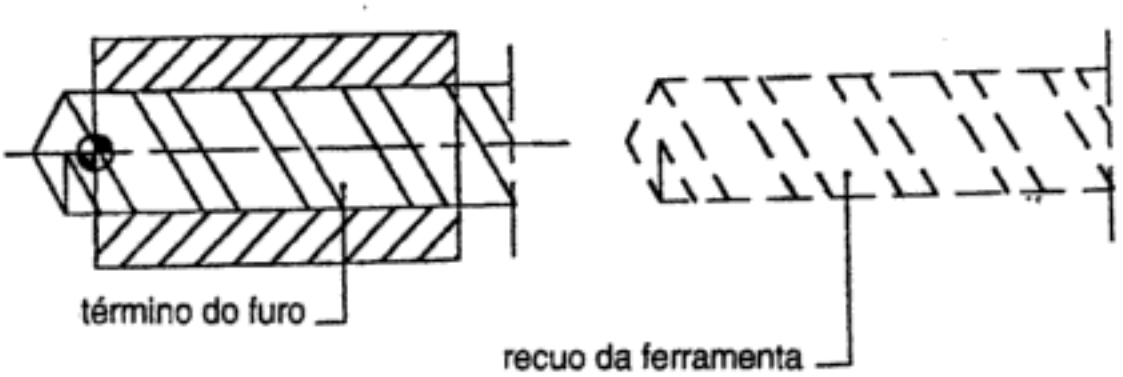


peça com furo acabado

Operação nº 1



Operação nº 2



As funções programadas no ciclo de furação são:

Z – posição final em absoluto

Deve ser considerado o ângulo da ponta da broca e mais uma folga para que a broca faça a passagem completa no furo da peça.

W – distância para o recuo da ferramenta em incremental

Essa distância é programada em função:

– do material da peça a ser usinado

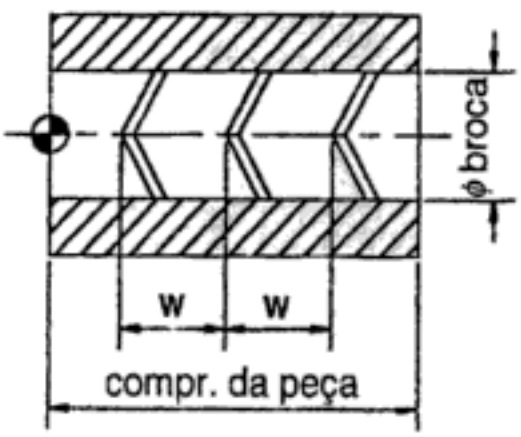
– do material da broca

– do comprimento da peça

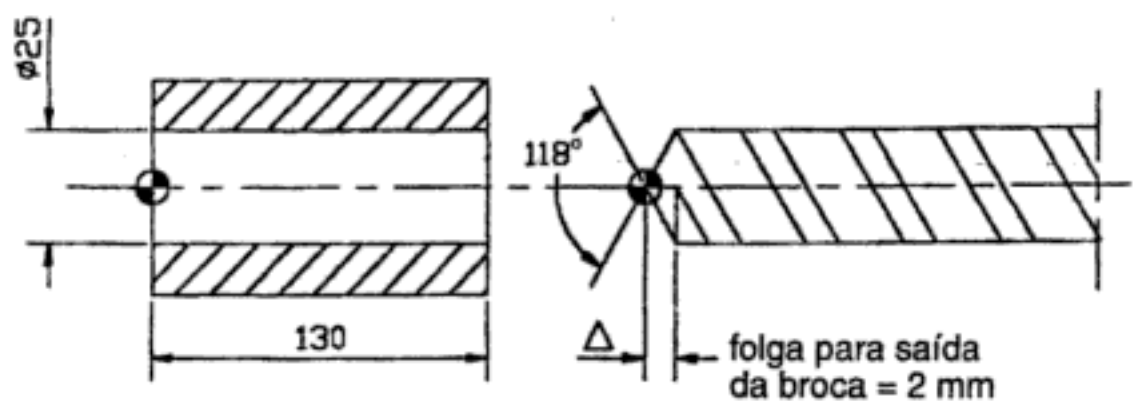
Material chroniony prawem autorskim

Observação: Se não for programada a função *W*, a broca avança até a posição final sem fazer o recuo da broca para a retirada do cavaco.

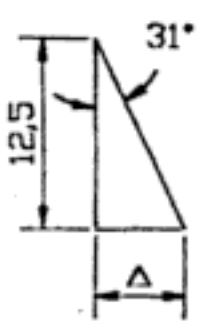
F – avanço programado



Exemplo:



Cálculo da ponta da broca



$$\text{tg } 31° = \frac{\Delta}{12{,}5} \therefore \Delta = \text{tg } 31° \cdot 12{,}5 \therefore \Delta = 7{,}51$$

Portanto a broca deverá passar no mínimo 7,51 mm para que se possa efetuar o furo, considerando que a preparação da ferramenta tenha sido feita na ponta da broca.

Materiał chroniony prawem autorskim

Orientação para a função G74 em ciclo de torneamento

As funções programadas no ciclo de torneamento são:

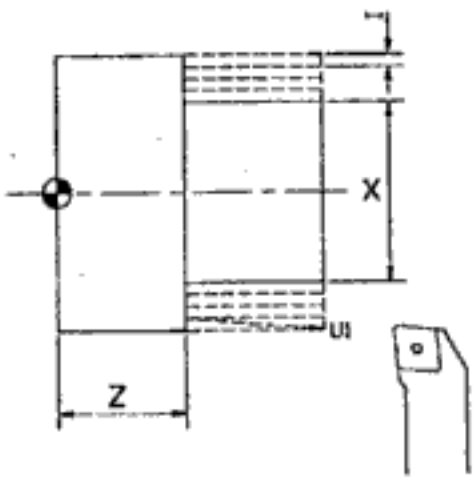
X – diâmetro final do ciclo de torneamento em absoluto

Z – posição final do ciclo de torneamento em absoluto

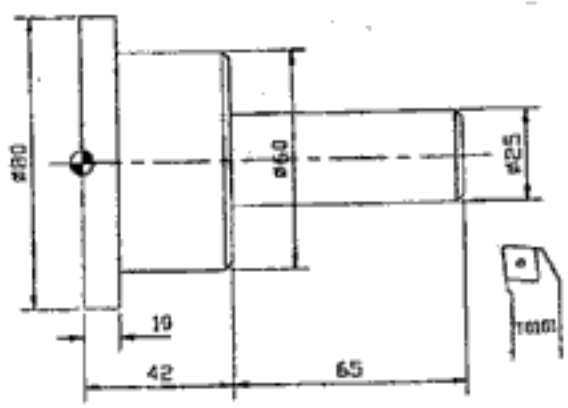
I – incremento por passada no diâmetro em incremental

UI – recuo angular da ferramenta

F – avanço da ferramenta



Exemplo:



– Aço 1050

– I – incremento por passada = 5,0 mm

– dimensões do material ø80 × 107

Programa

```
N10  T0101 ;ferramenta de desbaste#
N20  G54#
N30  M04 ;ligar placa sent. anti-horário#
N40  G0  X75. Z108. ;posicionamento#
N50  G74 X60. Z10.  I5. F.25 ;1º ciclo#
N60  G0  X55. Z108. ;posicionamento#
N70  G74 X25. Z42.  I5. U1 F.25 ;2º ciclo#
N80  G0  X90. Z120. ;saída da ferramenta#
N90  M05 ;desliga eixo-árvore#
N100 M30 ;fim do programa com rebobinamento#
```

Material chroniony prawem autorskim

No exemplo anterior foram feitos dois ciclos de torneamento separadamente.

Devemos lembrar que existem comandos que com apenas uma sentença conseguem fazer qualquer contorno.

Essa função que aplicamos para o ciclo de torneamento, também vale para desbaste interno.

Orientação para a função G75 para ciclos de faceamento e de canais

As funções programadas nos ciclos de canais são:

X – diâmetro final em absoluto

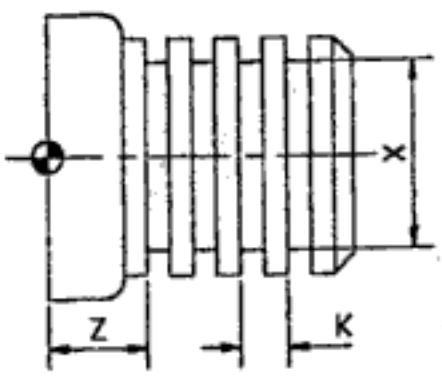
Z – posição final em absoluto

K – incremento por passada em Z, e incremental

U1 – recuo angular da ferramenta em incremental

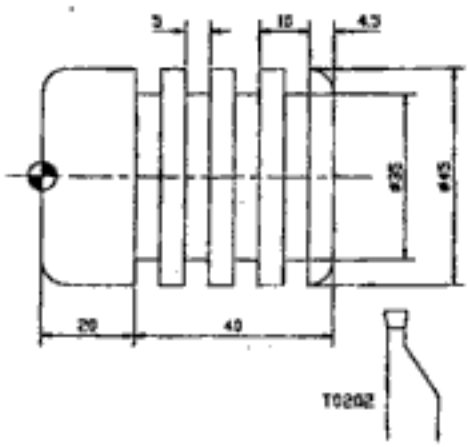
No recuo angular, a ferramenta fará o mesmo recuo com o valor da função *K* e o mesmo acontecerá para a função *I* na aplicação do G74.

D – tempo de espera em segundos



Essa função também pode ser usada em ciclos de canais de face.

Exemplo:



Material chroniony prawem autorskim

Programa

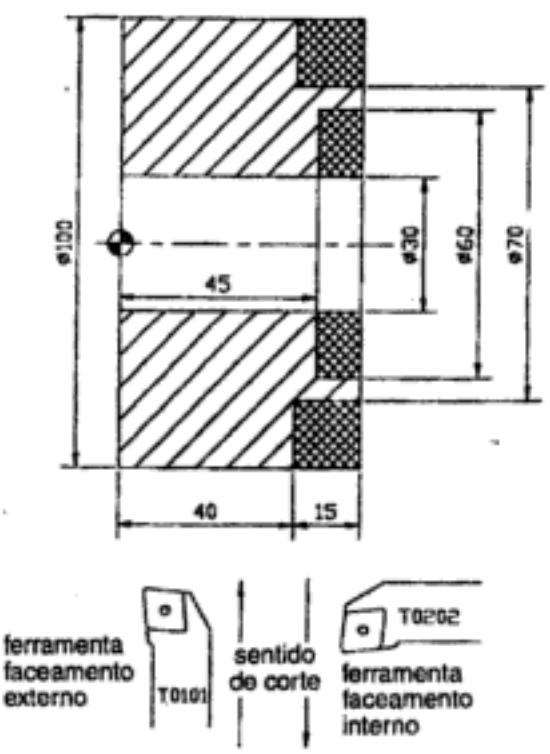
```
.
.
.
N10 T0202 ;ferramenta de canal#
N15 G54#
N20 M04 ;liga placa sentido anti-horário#
N25 M08 ;liga refrigerante de corte#
N30 G0 X46. Z9.5 ;posicionamento#
N35 G75 X35. Z20. K10. W3. D2. F.15 ;usinagem dos canais#
N40 G0 X80. Z80. ;saída da ferramenta#
N45 M05 ;desliga placa#
N50 M09 ;desliga refrigerante de corte#
N55 M30 ;fim do programa com rebobinamento#
```

Orientação para ciclo de faceamento G75

Para o ciclo de faceamento serão usadas as funções:

X – referindo-se ao diâmetro final em absoluto
Z – a posição final em absoluto
K – incremento por passada em *Z* e em absoluto
U1 – referindo-se ao recuo angular da ferramenta, como já foi dito
F – e por último o avanço da ferramenta

Exemplo:



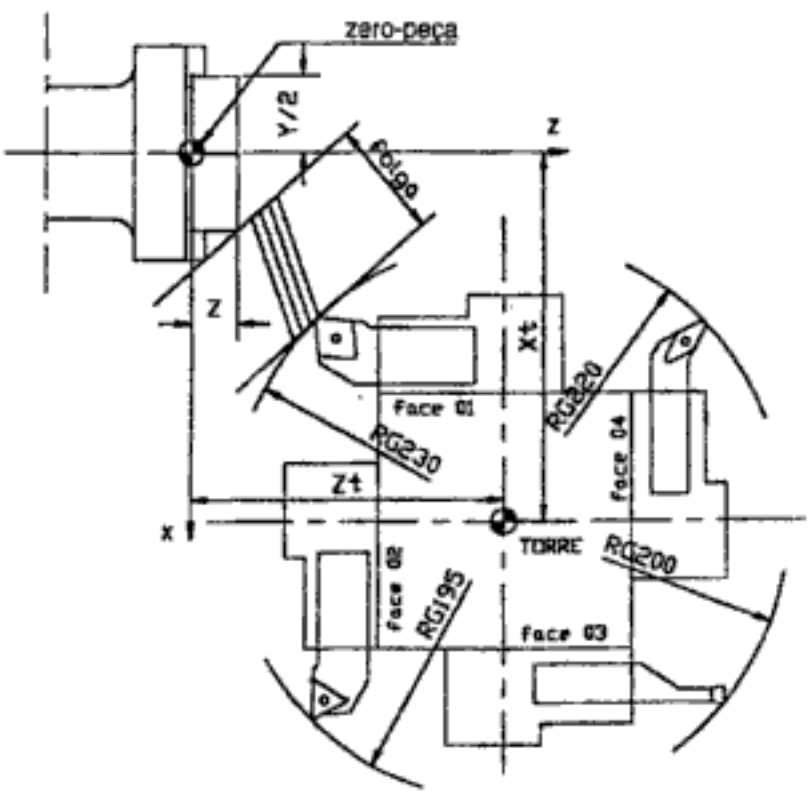
Material chroniony prawem autorskim

Programa

.
.
.

N20 T0101;faceamento externo#
N25 G54#
N30 M04 ;liga placa sentido anti-horário#
N35 M08 ;liga refrigerante de corte#
N40 G0 X101. Z53. ;posicionamento#
N45 G75 X70. Z40. K2. Ul F.25;faceamento#
N50 G0 X110. Z100. ;posição para troca de ferramenta#
N55 T0202# ;faceamento interno#
N60 G54#
N65 M6 ;troca de ferramenta#
N70 G0 X29. Z53.
N75 G75 X60. Z45. K2. U1 F.25 ;faceamento#
N80 G0 Z28. Z150. ;posicionamento para troca de peça#
N85 M05 ;desliga placa#
N90 M09 ;desliga refrigerante de corte#
N95 M30 ;fim do programa com rebobinamento#

Orientação do posicionamento para giro da torre



Materiał chroniony prawem autorskim

onde:

Z_t é o ponto de troca da ferramenta em Z e em relação ao zero-peça

X_t é o ponto de troca da ferramenta em X e em relação ao zero-peça

A posição da troca da ferramenta é sempre feita em função do maior *RG* das ferramentas dispostas na torre.

É importante determinar o *RG* para que não haja colisão da ferramenta com a peça no momento do giro da torre para a troca da ferramenta.

Para Z_t devemos efetuar um cálculo

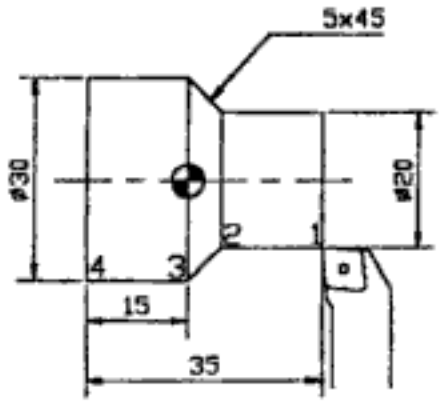
$$Z_t = \sqrt{(RG_{\text{maior}} + \text{folga})^2 - (X_t - \frac{X}{2})^2}$$

A definição do ponto de troca deve ser feita levando em consideração a peça em bruto.

Orientação para as funções G90 e G91

A função G90 admite programação em coordenadas absolutas. Essa já se encontra ativada no comando, não havendo necessidade de ser programada, o mesmo não acontece com a função G91, que define a programação em sistema de coordenadas incremental.

Exemplo:



G90	*X*	*Z*
1-2	20	5
2-3	30	0
3-4	30	–15

G91	*X*	*Z*
1-2	0	–15
2-3	5	–5
3-4	0	–15

Orientação para a função G92

A função define o limite de rotação programada em função de *S*, usada em programação de velocidade de corte constante.

Material chroniony prawem autorskim

Essa função deve ser programada, apenas, quando, realmente, devemos estabelecer a máxima velocidade (rotação).

Podemos tomar como exemplo peças em que uma rotação muito alta torna-se perigosa.

Exemplo:

```
.
.
.
N25  G96#
N30  M92  S2000#
.
.
.
```

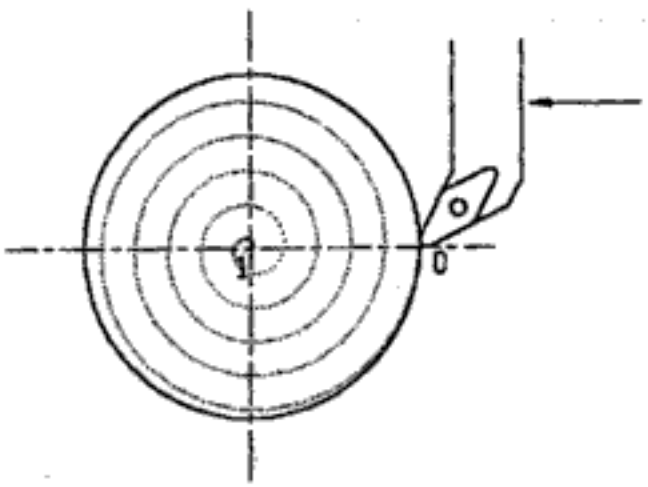
define máxima rotação de 2000 rpm

Orientação para velocidade de corte constante G96

A função G96, geralmente, é usada quando se varia o diâmetro da peça, ou até mesmo para um desbaste de grande profundidade.

A função G96 é programada em função de *S* em m/min. Para uso dessa função, recomenda-se consultar a tabela de ferramenta de corte para velocidade de corte.

$$Vc = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ ou } n = \frac{Vc \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$



A ferramenta desloca-se de 0 para 1.

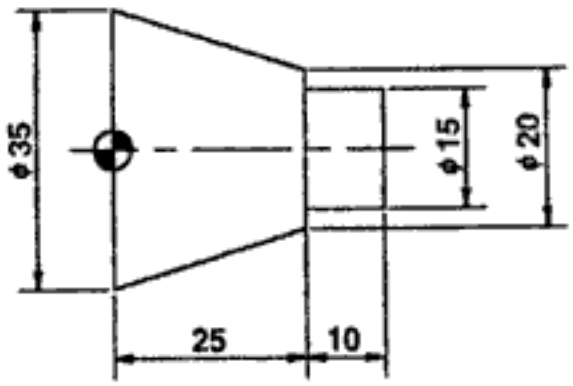
Observe que à medida que a ferramenta se desloca para o ponto 1, o diâmetro também diminui.

Analisando a fórmula de velocidade de corte usada em torneamento, pode-se observar que quando se diminui o diâmetro a velocidade da máquina aumenta.

A conseqüência da não aplicação da função G96 é um acabamento não uniforme da peça.

Material chroniony prawem autorskim

Exemplo:



Programa:

.
.
.
N20 T0101 ;acabamento externo#
N25 G54#
N30 G96#
N35 S200 ;velocidade de corte#
N40 G92 S1900 ;máxima rotação
N45 G0 X16. Z35.#
N50 Gl X0 F.2#
N55 G0 X15. Z36.#
N60 G1 Z25.#
N65 X20.#
N70 X35. Z0#
N75 G0 X80. Z80. ;recuo da ferramenta#
N80 M30#

Deve-se lembrar que a função G96 é modal.

Orientação para a função G99

A função G99 estabelece a programação em função do zero-máquina e deve ser programada no início do programa.

Orientação para execução de um programa

1º) Estudo do método de execução.

2º) Definição das ferramentas e escolha correta das mesmas.

É necessário observar o máximo rendimento das ferramentas.

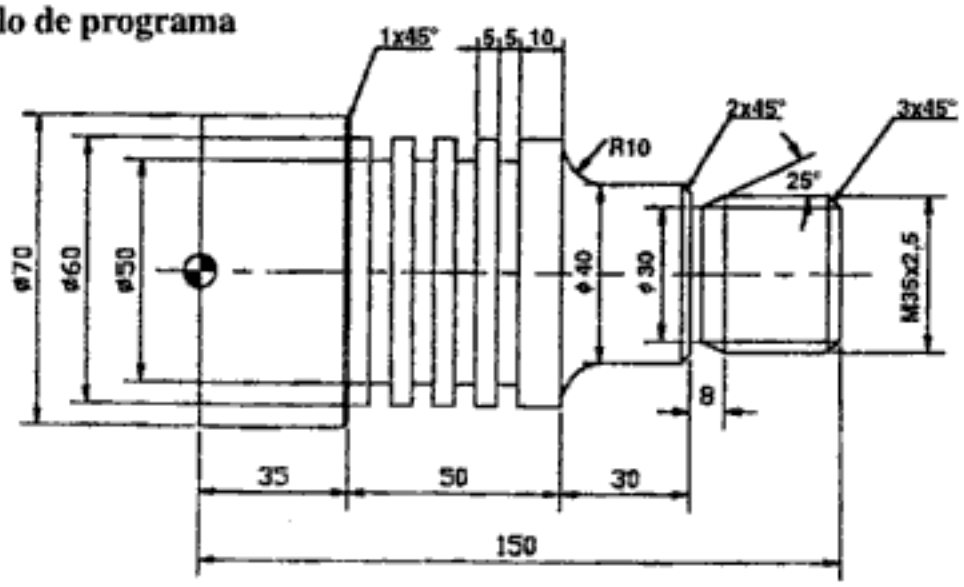
3º) Definir o tipo de máquina a ser executado, para uso correto dos recursos e das funções da máquina.

Material chroniony prawem autorskim

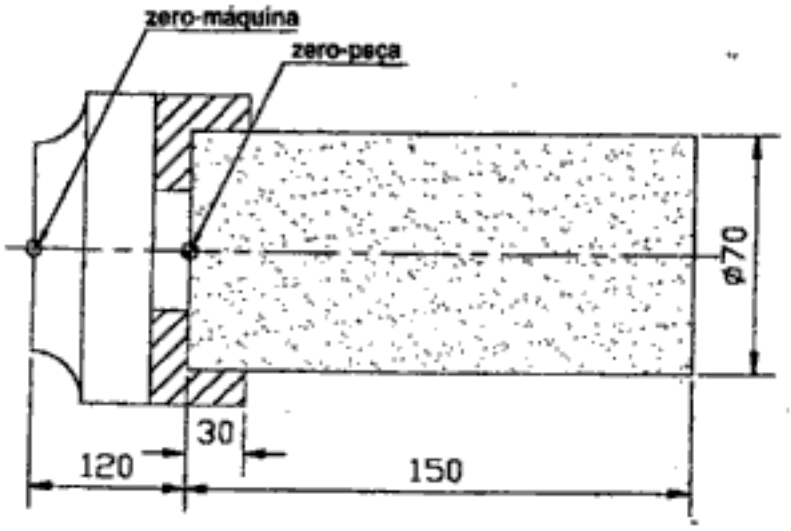
4º) Definição do sistema de fixação da peça, se necessário o projeto e execução de dispositivos.

5º) Definição dos parâmetros de corte como velocidade de corte, avanço da ferramenta, rotação da máquina.

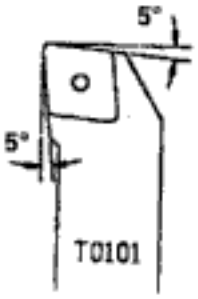
Exemplo de programa



Desenho da peça acabada.

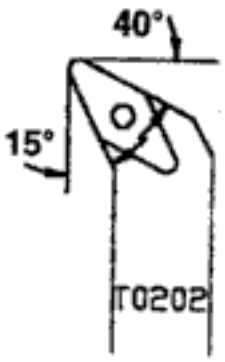


Fixação da peça em bruto.



- ferramenta 01 corretor 01
- desbaste externo e faceamento
- raio da ponta da ferramenta de 1,2 mm
- avanço de corte 200 m/min
- usar velocidade de corte constante

Material chroniony prawem autorskim



– ferramenta 02 corretor 02
– acabamento externo
– raio da ponta da ferramenta de 0,8 mm
– avanço 0,25 mm/rot
– velocidade de corte 220 m/min
– usar velocidade de corte constante
– usar compensação de raio



– ferramenta de canais
– largura da ferramenta 5 mm
– velocidade de corte de 90 m/min
– avanço de 0,15 mm/rot
– rotação 600 rpm



– ferramenta de roscar
– velocidade de corte 100 m/min
– rotação 900 rpm
– serão dados 12 passes na rosca
– diâmetro final da rosca

$H = (0{,}65 \cdot 2) \cdot P = 1{,}3 \cdot 2{,}5 = 3{,}25$ mm

$X_{final} = D_{ext} - H = 35 - 3{,}25 = 31{,}75$ mm

passe	1º	2º	3º	4º	5º	6º
valor	0,6	0,5	0,45	0,35	0,35	0,25
ø	34,4	33,9	33,45	33,1	32,75	32,5

passe	7º	8º	9º	10º	11º	12º
valor	0,2	0,15	0,15	0,10	0,10	0,05
ø	32,3	32,15	32,0	31,9	31,8	31,75

Material chroniony prawem autorskim

```
N100 G0 X190. Z287.;ponto troca da ferramenta#
N105 T0202;ferramenta de acabamento#
N110 G54#
N115 M6;troca da ferramenta#
N120 G42;compensação do raio da ponta da ferramenta#
N125 G96;ativa velocidade de corte constante#
N130 S220.#
N135 G0 X29. Z150.3#
N140 G1 Z150. F.25#
N145 G1 X35. Z147.#
N150 G1 Z115.3#
N155 G0 X35.3 Z122.8#
N160 G1 X32. Z118. ;desbaste canal rosca#
N165 G1 Z115.3#
N170 G0 X35.3 Z123.#
N175 G1 X35.#
N180 G1 X30. Z117.63;acabamento canal rosca#
N185 G1 Z115.#
N190 G1 X36.#
N195 G1 X40. Z133.#
N200 G1 Z95.#
N205 G02 X60.Z85.R10.;acabamento do raio#
N210 G1 Z35.#
N215 G1 X68.#
N220 G1 X72. Z32.#
N225 G0 X190. Z287.;ponto de troca da ferramenta#
N230 T0303;abertura de canais#
N235 G54#
N240 M06;troca de ferramenta#
N245 G0 X61. Z70.;aproximação#
N250 G75 X50. Z40. K10. W2. D3. F.15;abertura dos canais#
N255 G0 X190. Z287. ;ponto de troca da ferramenta#
N260 T0404;ferramenta de roscar#
N265 G54#
N270 M06;troca da ferramenta#
N275.G0 X38. Z153.#
N280 G0 X34.4;posição do 1º desbaste#
N285 G33 Z116. K2.5#
N290 G0 X38.#
N295 G0 Z153.#
N300 G0 X33.9;posição do 2º passe#
N305 G33 Z116. K2.5#
N310 G0 X38.#
N315 G0 Z153.#
```

Materiał chroniony prawem autorskim

```
N320 G0 X33.45;posição do 3º passe#
N325 G33 Z116. K2.5#
N330 G0 X38.#
N335 G0 Z153.#
N340 G0 X33.1 ;posição do 4º passe#
N345 G33 Z116. K2.5#
N350 G0 X38.#
N355 G0 Z153.#
N360 G0 X32.75;posição do 5º passe#
N365 G33 Z116. K2.5#
N370 G0 X38.#
N375 G0 Z153.#
N380 G0 X32.5;posição do 6º passe#
N385 G33 Z116. K2.5#
N390 G0 X38.#
N395 G0 Z153.#
N400 G0 X32.3;posição do 7º passe#
N405 G33 Z116. K2.5#
N410 G0 X38.#
N415 G0 Z153.#
N420 G0 X32.15;posição do 8º passe#
N425 G33 Z116. K2.5#
N430 G0 X38.#
N435 G0 Z153.#
N440 G0 X32. ;posição do 9º passe#
N445 G33 Z116. K2.5#
N450 G0 X38.#
N455 G0 Z153.#
N460 G0 X31.9; posição do 10º passe#
N465 G33 Z116. K2.5#
N470 G0 X38.#
N475 G0 Z153.#
N480 G0 X31.8;posição do 11º passe#
N485 G33 Z116. K2.5#
N490 G0 X38.#
N495 G0 Z153.#
N500 G0 X31.75;posição do 12º passe#
N505 G33 Z116, K2.5#
N510 G0 X38.#
N515 G0 Z153.#
N520.G0 X190 Z287. ;recuo da ferramenta#
N525 M09;desliga refrigerante de corte#
N530 M05;desliga o eixo-árvore#
N535 M30;fim de programa com rebobinamento#
```

Material chroniony prawem autorskim

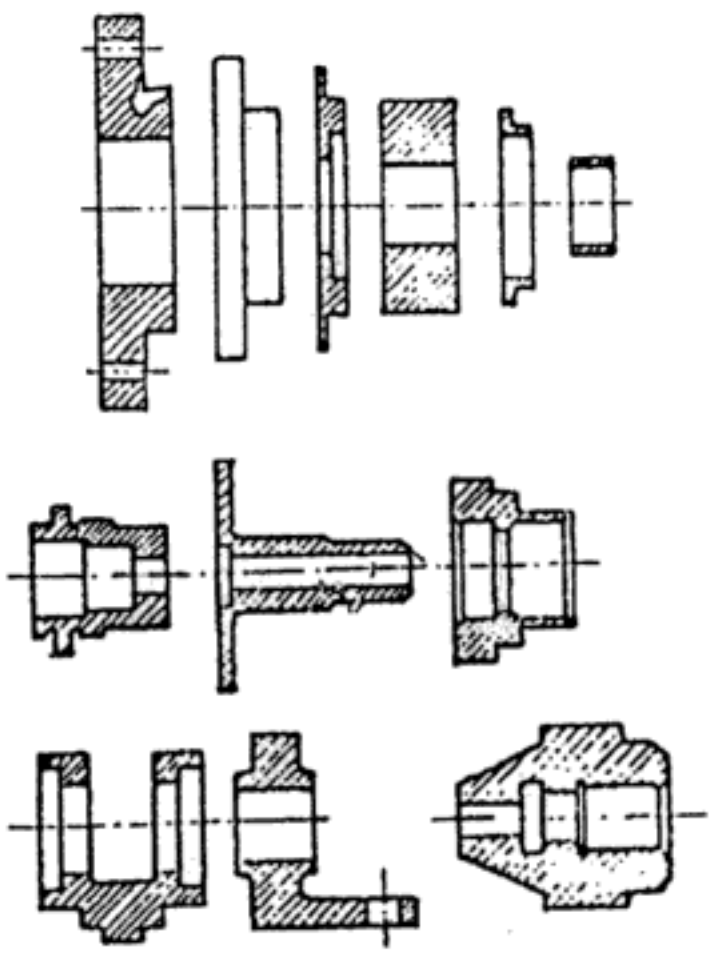
Importante

O programador de máquinas CNC deve ter bons conhecimentos de ferramentas de corte, usinagem, cálculos trigonométricos e geométricos para que possa desenvolver a sua função.

Também é muito importante que o programador domine a linguagem da máquina, considerando que hoje são mais de 50 tipos de fabricantes injetando máquinas CNC no país.

Gradativamente, as máquinas estão sendo comandadas à distância, como, por exemplo, o DNC "Comando Numérico Direto", definido por um sistema que liga um grupo de máquinas CNC a um computador central via cabo. A automatização dessas operações ainda torna possível a classificação de peças por família ou tecnologia de grupo e sistemas flexíveis de manufatura, melhorando a produtividade da empresa.

Os comandos apresentados anteriormente são bases para programação de centros de torneamento, já que seria muito difícil descrever todos os comandos das máquinas existentes.



Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 6

Brochadeiras

O trabalho com as brochadeiras

A obtenção de trabalhos com perfis internos ou externos com canaletas, estrias, dentes, como algumas que se vêem nas figuras abaixo, a indústria moderna consegue rapidamente usando as brochadeiras, que substituem com rendimento e precisão os serviços especiais das fresadoras, plainas ou tornos. Atualmente existem brochadeiras que possuem ferramentas que atuam uma em seguida à outra em trabalhos em série.

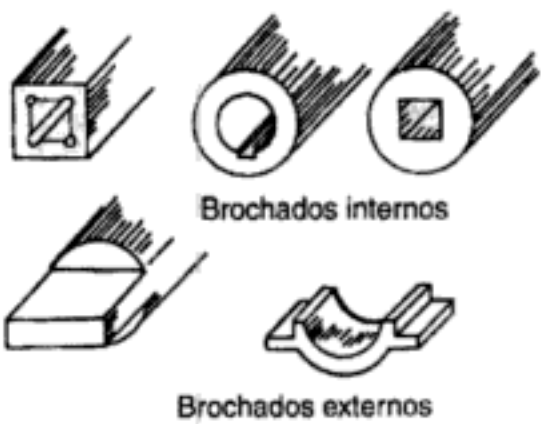


Fig. 6.1

A brocha consiste em uma ferramenta cujo formato deve dar o perfil que se deseja no furo ou na sua parte externa (fig. 6.2).



Fig. 6.2

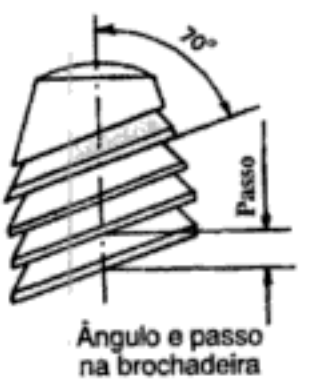


Fig. 6.3

Material chroniony prawem autorskim

Como são os dentes das brochas

Como as demais ferramentas, os dentes cortantes das brochas têm um ângulo de saída do cavaco, um ângulo de corte e um ângulo de folga, este último geralmente com 3°, variando os demais conforme o material a trabalhar e o tipo de operação (figs. 6.4 e 6.5).

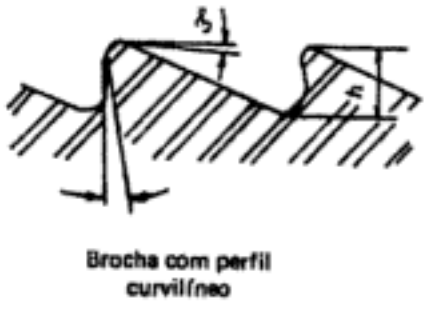


Fig. 6.4

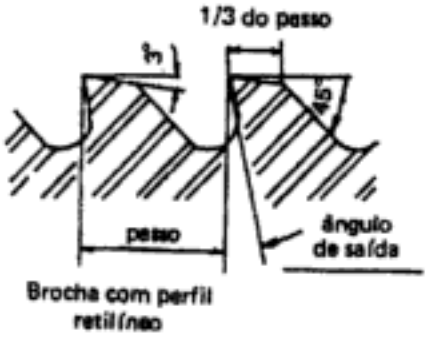


Fig. 6.5

O 1º dente tem uma altura *h*; o 2º dente terá *h* + *e*; o 3º dente terá *h* + 2 e o último dente cônico terá *h* + *ne* (veja a fig. 6.6).

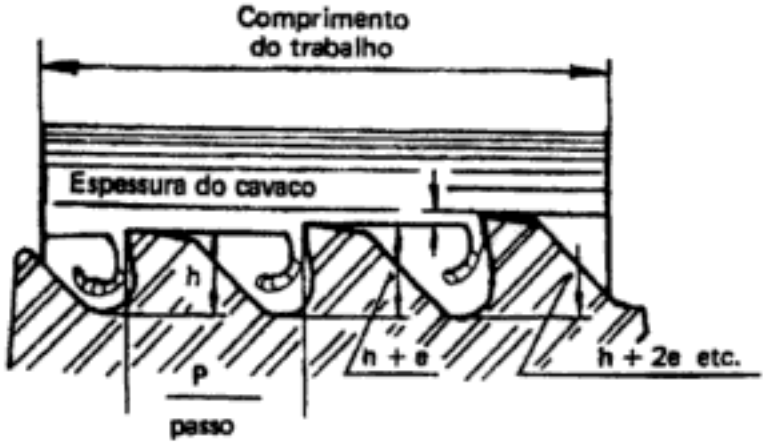


Fig. 6.6

Observe na figura que os dentes cortantes, fazendo uma escadinha de altura, vão sempre tirando novas fitas do material. É por isto que nesta parte a brocha tem a forma cônica que está destinada a fazer o desbaste da peça, sendo a diferença de um dente ao outro de 0,02 a 0,12 mm, variando com o material, conforme tabela 6.1. São os dentes finais, em número de 4 a 6, que determinam

Materiał chroniony prawem autorskim

a medida do trabalho e fazem o alisamento, não apresentando diferença de altura.

Atenção: a altura dos dentes das brochas varia conforme o material a trabalhar.

Tabela 6.1

Aço duro	altura h	$0{,}35 \times p$
Fudição dura	" "	$0{,}40 \times p$
Fundição macia	" "	$0{,}45 \times p$
Latão e bronze	" "	$0{,}45 \times p$
Alumínio	" "	$0{,}5 \times p$

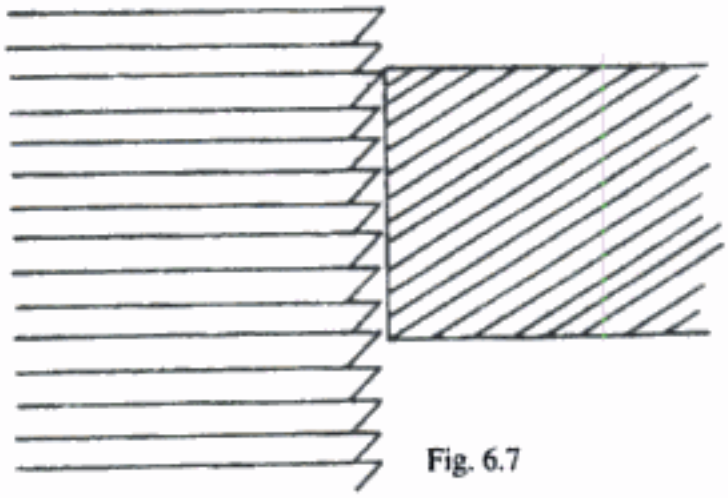


Fig. 6.7

Para peças longas usar brochas de dentes profundos, passo grande e ter uma média de 8 dentes abarcando a extensão da peça (ver fig. 6.7).

No trabalho com peças curtas, usar brochas com dentes pouco profundos, de passo pequeno, e um mínimo de 3 dentes abarcando a peça (ver fig. 6.8).

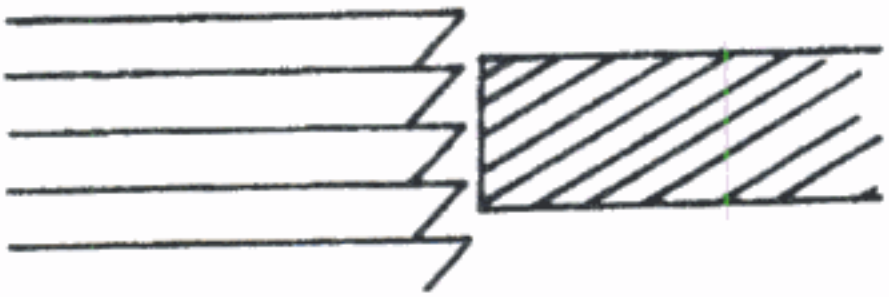


Fig. 6.8

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 6.6

Pressão específica de corte no brochado

Alumínio e duralumínio	60 kg/mm
Latão macio. Cobre	80
Bronze fundição macia	100
Bronze duro. Fundido semiduro	120
Ferro fundido duro	150
Aço macio	200
Aço 50	240
Aço 50-70	300
Aço 70-90	400
Aço 90-100	500

Como saber se a máquina brochadeira suportará o corte da fita que a brocha irá retirar

$$\text{Secção máxima da fita} = \frac{\text{HP do motor} \times 75 \times 60 \times 0{,}8}{\text{Veloc. de corte} \times \dfrac{\text{Pressão específ.}}{\text{de corte}}}$$

Como calcular o tempo na brochadeira

$$\text{Tempo principal} = \frac{\text{Comprimentoda ferramenta em mm}}{\text{Velocidade de corte em mm por min}}$$

Exemplo: Em uma brochadeira, a ferramenta (parte dentada) tem 0,8 m e a velocidade de corte 2 m/min. Qual o tempo da operação?

$$\text{Tempo principal} = \frac{0{,}8}{2\ \text{m/min}} = \frac{800\ \text{mm}}{2000\ \text{mm/min}} = 0{,}4\ \text{min}$$

Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 7

Brocas

O que se deve saber sobre brocas

As brocas seguem normas de fabricação. As principais dessas normas são: as normas DIN (alemãs), muito adotadas entre nós. As normas ASA (americanas) e as normas UNI (italianas).

Quanto às dimensões, as brocas podem ter as indicações por 4 maneiras:

1) por números;
2) por letras;
3) por frações de polegadas ou polegadas;
4) por milímetros.

Os números vão de 80 a 1 (0,0315" a 0,228").
As letras vão de *A* a *Z* (0,234" a 0,413").
As frações vão de 1/64" até 4".

As brocas para trabalho em alta velocidade trazem a marcação HS ou HSS ou HM e algumas nacionais incluem a inscrição MD.

De uma maneira geral, os fabricantes de brocas costumam identificar o material do gume das brocas com as iniciais abaixo:

SS aço rápido comum;
H SS1 aço rápido de alta rotação;
H SS2 aço rápido de alta rotação;
H SS3 aço rápido de alta rotação;
HM metal duro (*widia*) ou ainda MD (nacionais).

Materiał chroniony prawem autorskim

Observações importantes no trabalho com as brocas

- Em uma broca bem afiada, a fita do cavaco sai por igual em ambos os lados (veja a figura 2.13).
- Existe um ângulo de ponta e uma espiral mais acertada para cada material (veja a tabela 7.1).
- Existem brocas especiais conforme o material a trabalhar e o serviço (veja a pág. 311).
- Em furos profundos, usar de preferência espiral curta.

Ângulos das brocas

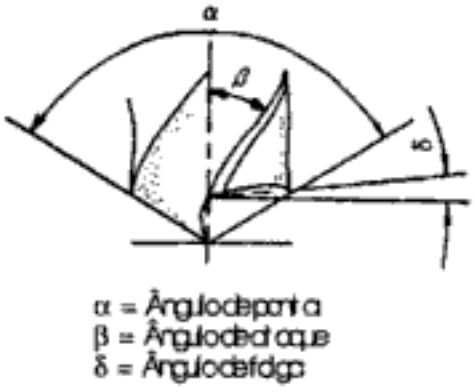


Fig. 7.1

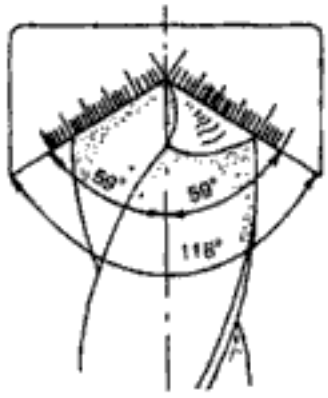


Fig. 7.2

Acima vemos os principais ângulos das brocas helicoidais. O ângulo de ponto normal é de 118°, mas deve ser modificado para maior, ao furar material duro, e para ângulo menor, quando o material é macio. O ângulo de folga tem a finalidade de não deixar a parte posterior do lábio cortante em atrito com o material. O ângulo de ataque geralmente é do mesmo valor que o de hélice.

Acima vemos um gabarito para a verificação do ângulo de ponta da broca, e a simetria ou igualdade dos dois lábios cortantes. Quando a broca não tem os dois lábios cortantes iguais, o furo sai ovalizado. Portanto, ambos os lábios cortantes devem ter afiação por igual, o que se percebe quando o cavaco sai por igual nas duas espirais (ver fig. 2.13).

Material chroniony prawem autorskim

Orientação para os ângulos das brocas

Materiais

Aço para ferramenta Aço forjado Aço cementado Ferro fund. cinz.	Latão Bronze	Ligas de Alumínio Cobre	Ligas de magnésio e elétron









Fig. 7.3	Fig. 7.4	Fig. 7.5	Fig. 7.6
Âng. ponta 118 a 124°	130°	140 a 120°	80 a 110°
Âng. saída 20 a 30°	10 a 15°	35 a 40°	35 a 40°
Âng. folga 12 a 15°	15°	12°	10°

Material chroniony prawem autorskim

Para mármore, plástico, baquelite



Fig. 7.7

Borracha



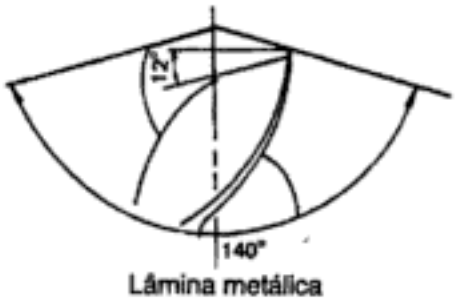
Fig. 7.8

Fibra
Ebonite
Madeira



Fig. 7.9

Ângulo de ponta 140°
Ângulo de saída 15°
Ângulo de folga 12°

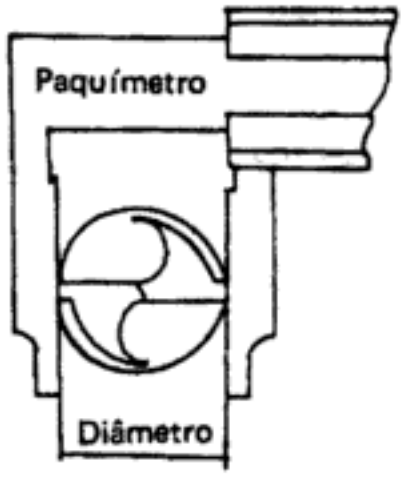


Lâmina metálica

Chapas

Ângulo de ponta 140°
Ângulo de saída 15°
Ângulo de folga 12°

Fig. 7.10
(Ver também tab. 7.1).



Maneira correta de medir o diâmetro de uma broca

Fig. 7.11

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 7.1

Recomendações para broca

Material a trabalhar	Ângulo de ponta	Espiral
Aço-carbono	115 a 120°	normal
Aço especial acima de 140 kg/mm^2	115 a 120°	longa
Aço especial de 110 a 140 kg/mm^2	115 a 120°	normal
Aço especial até 110 kg/mm^2	115 a 120°	normal
Aço-manganês duro	115 a 120°	normal
Alumínio puro e metais leves tenazes	130 a 140°	curta
Ardósia	80 a 90°	longa
Borracha dura	30 a 50°	longa
Chapas de aço e ferro	115 a 120°	normal
Chapas de alumínio	100 a 110°	normal
Chapas de aço em maço	125° ou especial	
Cobre	125°	curta
Ferro fundido cinzento	115 a 120°	normal
Ferro fundido duro	115 a 120°	normal
Ferro fundido muito duro	115 a 120°	normal
Latão tenaz	115 a 120°	normal
Latão de parafuso	130°	longa
Metal leve temperado	130 a 140°	curta
Furos pouco profundos	130 a 140°	curta
Furos profundos	120°	normal
Magnésio (ligas)	90 a 100°	longa
Plástico galalite ebonite	50 a 60°	longa
Plástico baquelite "plexiglass"	80 a 90°	longa
Plásticos (maço de chapas)	80 a 90°	longa
Mármore	90°	longa
Metal Monel (Ind. Naval)	125°	normal

Materiał chroniony prawem autorskim

Os ângulos de ponta das brocas, conforme o material a ser furado

As brocas comuns encontradas no comércio têm um ângulo normal de ponta de 118° ou 59° em cada lado da ponta, conforme figura abaixo. No caso das oficinas pequenas, ou das oficinas de manutenção, onde não se pode contar com grande número de peças da mesma espécie, não compensa alterar esse ângulo normal. Já nas linhas de usinagem, ou na produção em série, nas grandes indústrias, é indispensável para o rendimento a adoção de ângulos especiais conforme o material a furar, e até mesmo brocas com formatos especiais para o máximo rendimento.

Neste caso, ou se alteram os ângulos das brocas comuns, ou já se adquirem brocas especiais, em formatos, espirais e ângulos apropriados para o material a furar. Estas brocas especiais já se encontram no mercado nacional, fabricadas por firmas brasileiras,

Broca com ângulo normal 118°

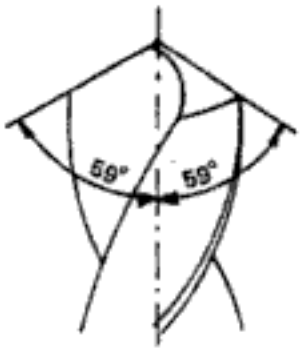


Fig. 7.12

Para serviços variados, oficinas de manutenção ou oficinas pequenas.

Para material duro ângulo de 140°

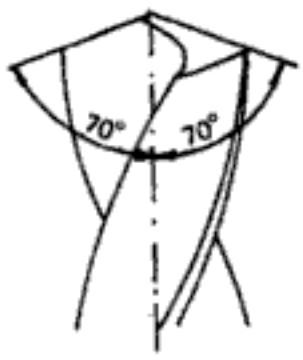


Fig. 7.13

Para aços muito duros, aços-manganês (7 a 13%), trilhos e materiais duros.

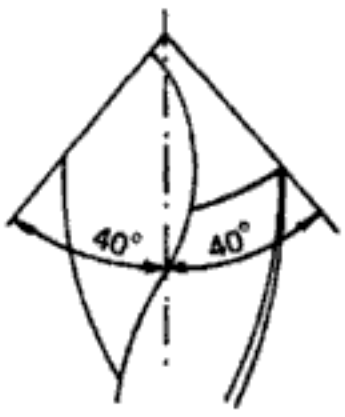


Fig. 7.14

Para materiais moles, madeira, borracha dura ou fibra.

Brocas especiais



Broca especial para alumínio (ver ângulo especial, tabela 7.1).

Fig. 7.15

Broca especial para latão (ver indicações do ângulo, tabela 7.1).



Fig. 7.16

Material chroniony prawem autorskim



Broca especial para serviços pesados com alma (núcleo reforçado)

Fig. 7.17

Broca especial para aço-cobalto, aço de alto teor de manganês



Fig. 7.18

Brocas especiais para virabrequins e furos profundos



Ângulo de ponta variando entre 118 a 135°.
(É comum serem fornecidas no ângulo de 128°).
Ângulo de folga do gume 9°.

Centro morto formando um ângulo de 100°. A afiação dessas brocas deve ser feita a seco, com cuidado para não haver sobreaquecimento que poderia "queimar" a ponta, devendo ambos os lábios cortantes ser verificados por gabaritos ou verificadores, para ver se os gumes estão iguais e no mesmo ângulo (Figs. 7.19 e 7.20).

Velocidade de corte de broca



Conforme se vai avançando para a fase industrial, o cálculo correto dentro da técnica da velocidade de trabalho das máquinas operatrizes torna-se importantíssimo.

Com sistema de produção em série, as operações de furar precisam ser reguladas tecnicamente, para se obter o máximo de rendimento por peça.

Fig. 7.19 Fig. 7.20

Como regular as velocidades das brocas

Precisamos ter os seguintes dados:

1º) O material a ser furado;
2º) O material da broca que vamos usar;
3º) O diâmetro da broca.

De posse desses três dados vamos à tabela 7.2, observando-se as instruções de uso.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 7.2

Orientação para velocidade de corte para brocas de aço rápido

Diâmetros das brocas de aço rápido em milímetros

Material		1 a 2	2 a 5	5 a 7	7 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18	18 a 22	22 a 25	25 a 30	30 a 50	50 a 80
Aço macio 40 kg/mm²	Velocidade	22	23	25	28	28	30	30 a 35	30 a 38	30 a 36	36	25 a 30	25 a 30
	Avanço	0,05	0,08	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,30	0,30	0,34	0,34
Aço média dureza 50 kg/mm²	Velocidade	20 a 22	20 a 22	23	25	25 a 28	30	30 a 35	30 a 35	30	30	25 a 30	25 a 30
	Avanço	0,05	0,06	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,33	0,35	0,4	0,4
Aço média dureza 50 a 70 kg/mm²	Velocidade	18	18	20	20 a 25	25	25	25 a 28	25 a 30	25 a 30	25 a 30	25	25
	Avanço	0,05	0,08	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,28	0,32	0,35	0,4
Aço duro 70 a 90 kg/mm²	Velocidade	15	15	15 a 20	15 a 20	15 a 20	15 a 20	16 a 22	18 a 22	18 a 22	18 a 22	15 a 20	15 a 18
	Avanço	0,03	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18	0,20	0,25	0,3	0,35	0,35	0,35
Ferro fundido macio 18 kg/mm²	Velocidade	20 a 25	30	30 a 40	20 a 40	30 a 35	30	25	20	20	20	20	18
	Avanço	0,07	0,09	0,15	0,20	0,25	0,35	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2
Ferro fundido duro 20 a 30 kg/mm²	Velocidade	12 a 15	12 a 18	12 a 18	12 a 18	14 a 18	14 a 18	10 a 18	10 a 18	15 a 20	15 a 20	14 a 18	14 a 16
	Avanço	0,05	0,07	0,1	0,1	0,15	0,18	0,22	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4
Latão até 40 kg/mm²	Velocidade	40	40	50	60	60	60	60	65	70	70	65	60
	Avanço	0,05	0,08	0,1	0,1	0,15	0,18	0,22	0,22	0,25	0,28	0,32	0,32
Bronze até 30 kg/mm²	Velocidade	18	20	20	30	30	30	35	35	35	40	40	35
	Avanço	0,05	0,08	0,1	0,1	0,15	0,18	0,22	0,22	0,25	0,28	0,32	0,32
Alumínio	Velocidade	40	45	50	60	80	80	80	100	120	120	100	100
	Avanço	0,05	0,05	0,08	0,10	0,12	0,15	0,2	0,3	0,35	0,4	0,4	0,4
Ligas de alumínio e ligas macias	Velocidade	70	80	90	100	100	120	130	130	140	150	130	120
	Avanço	0,08	0,1	0,12	0,15	0,20	0,22	0,3	0,4	0,45	0,5	0,5	0,5
Ligas de magnésio	Velocidade	140	160	180	200	230	230	230	230	240	250	230	230
	Avanço	0,1	0,12	0,15	0,18	0,20	0,25	0,3	0,38	0,4	0,45	0,45	0,45
Aço inoxidável (duro)	Velocidade	6	6	7	8	9	9	10	10	9	9	8	8
	Avanço	0,02	0,03	0,05	0,08	0,10	0,12	0,12	0,15	0,18	0,18	0,15	0,15
Plásticos termo fixos	Velocidade	22	23	24	25	27	27	28	30	30	30	30	28
Termo plástico	Velocidade	34	35	38	37	37	38	38	37	37	37	36	36

ATENÇÃO: Para brocas de AÇO RÁPIDO comuns (trazem marcadas as letras SS) usar as velocidades mínimas.
Para brocas de AÇO RÁPIDO DE ALTA VELOCIDADE (trazem marcadas as letras HSS1, HSS2, HSS3), usar as velocidades indicadas.
Para brocas de pontas de METAL DURO (as estrangeiras trazem marcadas as letras HM e as nacionais costumam ter as letras MD) podem ser as velocidades máximas.

ATENÇÃO: PARA BROCAS COMUNS DE *AÇO-CARBONO* usar a METADE das VELOCIDADES INDICADAS na presente tabela.
Com lubrificação esta velocidade pode ser aumentada em uns 25%.

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 7.3

Diâmetro da broca em mm	Aumento que se dá nos furos			
	Metal leve		Aço	
	macio	duro	macio	duro
5	0,45	0,25	0,16	0,12
10	0,75	0,4	0,18	0,14
15	0,9	0,48	0,2	0,16
20	1	0,52	0,22	0,18

Como usar a tabela 7.3

Exemplo: Uma broca de 10 mm de diâmetro. Ao fazer um furo em uma peça de metal leve duro, quanto poderá dar a mais do que o seu diâmetro normal? Resposta: 0,4, isto é, o furo, na realidade, ficará com 10,4 mm, embora a broca só tenha 10 mm de diâmetro. Quando há necessidade de precisão, subtraímos este excesso dado na tabela da medida real que queremos dar ao furo. No caso acima, seria 10 mm – 0,4 mm, teríamos 9,6 mm o diâmetro da broca a ser usada, para se obter um furo que não ultrapasse os 10 mm. É preciso considerar, ainda, que, quando os lábios cortantes da broca estão afiados desigualmente, a diferença indicada na tabela será muito maior.

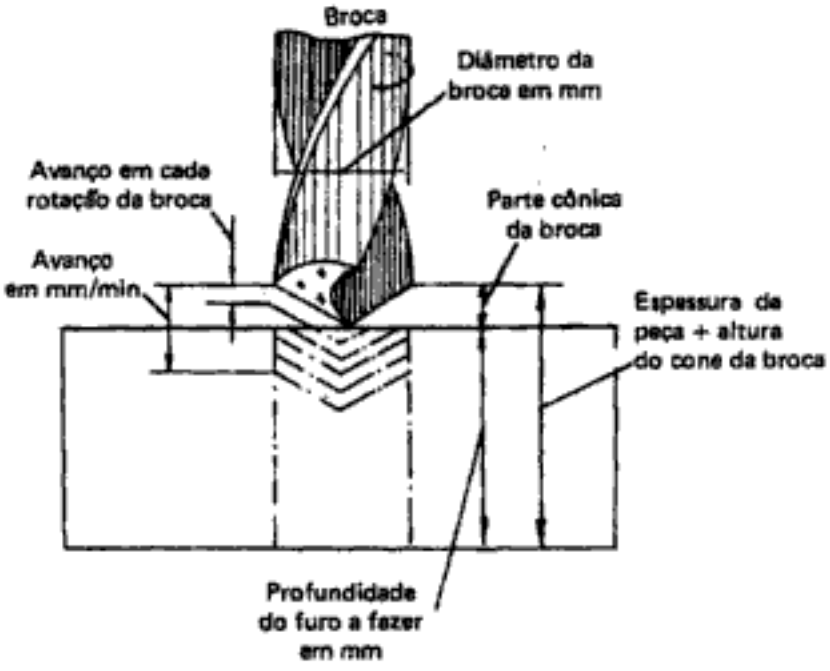
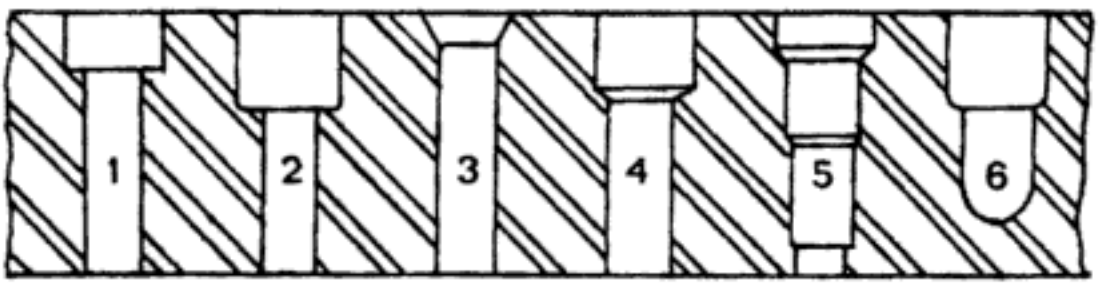

Broca
Diâmetro da broca em mm
Avanço em cada rotação da broca
Avanço em mm/min
Parte cônica da broca
Espessura da peça + altura do cone da broca
Profundidade do furo a fazer em mm

Fig. 7.21

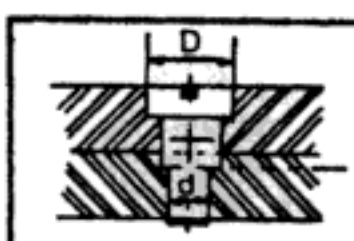
Materiał chroniony prawem autorskim

As brocas múltiplas são fabricadas nos tipos escalonados e de corte múltiplo, ambas produzem furos conforme mostra a figura abaixo:



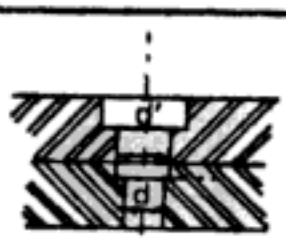
1. Perfuração e alargamento. 2. Perfuração e alargamento com contornos curvos. 3. Perfuração e escareamento. 4. Perfuração e alargamento com chanfros. 5. Perfuração e alargamento múltiplo. 6. Perfuração e alargamento com contornos curvos.

Fig. 7.24



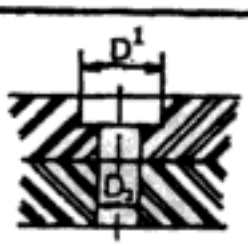
1º Fazer o furo para o núcleo da rosca e efetuar o rebaixo D para alojar a cabeça do parafuso.

Fig. 7.25



2º Efetuar o rebaixo para receber o corpo do parafuso.

Fig. 7.26



3º Executar a rosca. O desenho mostra o parafuso colocado.

Fig. 7.27

Ver, também, a figura 7.24.

Materiał chroniony prawem autorskim

Capítulo 8

Alargadores

O trabalho com os alargadores

Observe bem:

1 – Que o alargador tenha o diâmetro requerido.

2 – Que os dentes estejam sempre muito bem afiados.
(Veja afiação dos alargadores)

3 – Que os ângulos de corte sejam adequados ao material a trabalhar.

4 – Que a velocidade e o avanço estejam de acordo com o material a trabalhar.

O diâmetro dos alargadores

Entre o furo feito pela broca e o alargador, deve existir uma proporção. Esta proporção vem indicada na tabela seguinte e varia conforme o material.

Tabela 8.1
Relação de diferença que deve haver entre o diâmetro do furo e o diâmetro do alargador

Para se obter um furo escareado de	A broca a empregar deverá guardar uma diferença para menos:	
	no ferro ou no aço de:	nos metais leves de:
Até 5 mm	0,1 a 0,2 mm	0,15 a 3 mm
de 5 a 20 mm	0,2 a 0,3 mm	0,3 a 4,5 mm
de 21 a 50 mm	0,3 a 0,5 mm	4,5 a 7 mm
acima de 50 mm	0,5 até 1 mm	0,7 a 1,5 mm

Material chroniony prawem autorskim

Observações: — a esta diferença para menos dada nas duas colunas da direita, deve ser acrescentada a diferença de jogo que as brocas costumam dar na operação de furar. Sabendo-se que entre o diâmetro da broca e o furo executado aparece sempre uma diferença, e que ainda entre o furo e o alargador deve existir uma proporção, vamos ensinar este cálculo total.

Adotamos a seguinte fórmula:

$$\text{Diâmetro da broca} = \text{diâmetro final do furo que se quer} - \left(\text{jogo da broca} + \text{diferença para o alargador}\right)$$

Vejamos um exemplo para esclarecer este cálculo.

Na usinagem de um bloco de motor, precisamos de um furo escareado com o diâmetro final de 12 mm. Que diâmetro de broca devemos usar para obter aquela medida?

$$\text{Diâmetro da broca} = \text{diâmetro final do furo que se quer} - \left(\text{jogo da broca} + \text{diferença para o alargador}\right)$$

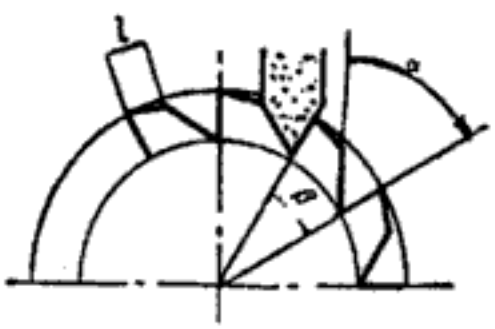
Diâmetro da broca = 12 mm – (0,2 + 0,2)

Diâmetro da broca = 12 – 0,4 = 11,6 mm

Resultado: Para se obter corretamente um furo alisado pelo alargador de 12 mm de diâmetro, devemos usar uma broca de 11,6 mm.

Afiação dos alargadores e ângulos dos dentes

Para a afiação observe a figura abaixo:



α = Este ângulo é igual ao ângulo β mais 360° dividido pelo número de dentes do alargador: $\alpha = \frac{\beta + 360°}{N}$.

β = Este ângulo varia de 25 a 30° nos alargadores de 12 a 50 mm.

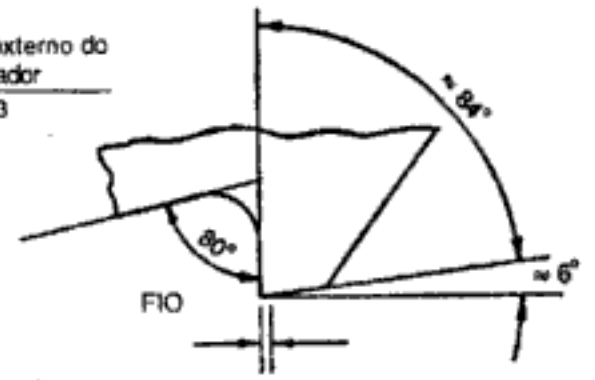
Fig. 8.1

Material chroniony prawem autorskim

Para o trabalho em fundição, a medida "*l*" deve ter (fig. 8.1):

$$l = \frac{\text{Diâmetro externo do alargador}}{23}$$

Fig. 8.2



Ângulos dos alargadores

A figura abaixo mostra com pormenores as principais medidas dos ângulos dos alargadores para o trabalho de afiação ou de verificação.

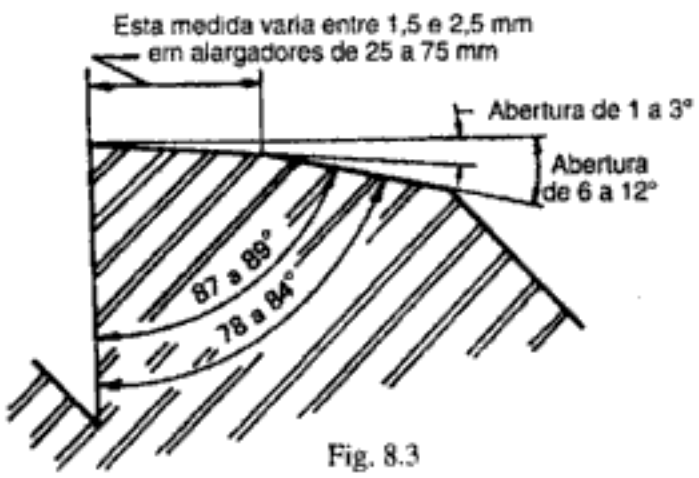


Fig. 8.3

Na figura 8.4 vemos a orientação quando se trata de um alargador de máquina.

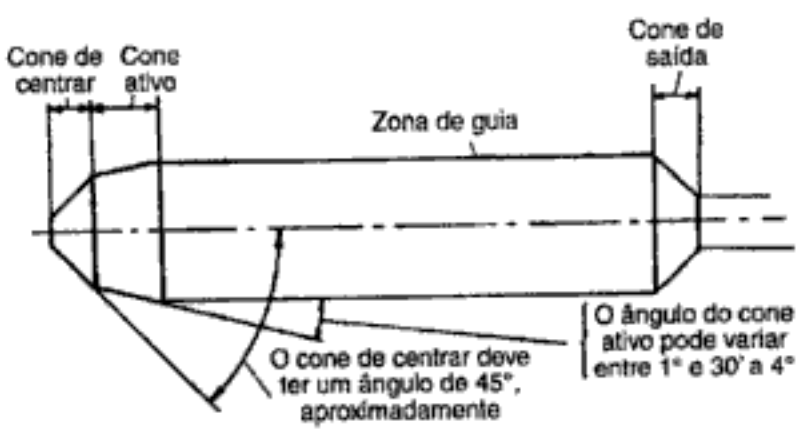

Cone de centrar
Cone ativo
Zona de guia
Cone de saída
O ângulo do cone ativo pode variar entre 1° e 30' a 4°
O cone de centrar deve ter um ângulo de 45°, aproximadamente

Fig. 8.4

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 8.2

Lubrificação no trabalho com os alargadores

Material a trabalhar	Lubrificante aconselhado
Bronze	A seco superfície muito lisa Óleo vegetal
Latão e ferro fundido	o mesmo
Duralumínio e outras ligas	Terebintina
Ligas de magnésio	Querosene
Aço-carbono — Aço fundido Ferro fundido maleável	Óleo solúvel

Tabela 8.3

menores que 12 mm	— 6 dentes	de 46 a 57 mm	— 14 dentes
de 12 a 32 mm	— 8 dentes	de 58 a 70 mm	— 16 dentes
de 33 a 45 mm	— 12 dentes		

Velocidade de corte e avanço nos alargadores à máquina (Fig. 8.4)

Deve-se tomar como norma o seguinte: A velocidade de corte deve ser 3 a 4 vezes menor do que a das brocas. O avanço pode chegar de 10 a 20 mm por rotação.

Como usar a tabela 8.4. Exemplo: Que avanço e que velocidade devo dar a um alargador espiral, para um trabalho de ferro fundido cinzento 10 a 20 kg/mm^2? Achamos ferro fundido na coluna de materiais. À frente, encontramos os dados para o avanço e para a velocidade, conforme seja o alargador de aço-carbono ou de aço rápido.

Materiał chroniony prawem autorskim

Capítulo 9

Machos

Abertura de roscas internas em furos por meio de machos

Para abrir roscas à mão em furos, usamos o macho fixado em desandadores.

Na haste o macho tem gravada a dimensão do diâmetro externo da rosca, e logo abaixo, o número de fios por polegada e a abreviatura do sistema.

O que se deve observar sobre o uso de machos

O macho guarda uma relação com o furo feito inicialmente pela broca, o que se pode obter pela tabela que se segue mais adiante.

Feito o furo (conforme explicação da tabela) temos que passar sucessivamente três machos até a rosca ficar completa. O 1º macho a passar é o cônico ou nº 1, o 2º ou semicônico ou nº 2 e por fim o cilíndrico ou paralelo ou nº 3. Geralmente esses números são identificados por uma série de círculos em nº de 1, 2 ou 3 círculos.

Qual o tipo de macho a empregar?

Os machos de perfil completo ou os machos em série? No jogo dos três machos de perfil completo, cabe ao nº 1 ou desbastador cerca de 79% do trabalho da abertura da rosca interna.

Isso ocasiona não raramente o desgaste, mais rápido que o nº 1 em relação ao nº 2 e o nº 3.

Material chroniony prawem autorskim

Já no caso dos machos em série, a repartição do trabalho entre os três é melhor distribuída, tendo os três duração mais proporcional.

Os machos de aço-carbono e os machos de aço rápido

Os machos de aço rápido podem ter velocidades três vezes maiores do que os de aço-carbono. Em compensação, nem sempre os machos de aço rápido em certos aspectos são superiores aos de aço-carbono.

Como norma, deve-se tomar que os machos de aço-carbono devem ser empregados nos casos de materiais macios ou tenazes.

MATERIAL	MACHO DE
Material macio e tenaz	aço-carbono
Alumínio, Silumínio, Zinco, Aço-Carbono	aço-carbono
Aberturas de roscas com machos pequenos	aço-carbono
Aço-Cromo-Níquel, Aço Inox	aço rápido
Duralumínio	aço rápido
Baquelite, Elétron	aço rápido

Como se calcula a relação entre o macho a usar e a broca que vai fazer o furo inicial

Relação macho-broca

$D = d - (1{,}15p)$ ou $D = d - (1 \times p)$

Sendo: D = diâmetro da broca
d = diâmetro nominal do macho
p = passo da rosca do macho

Exemplo: Temos que fazer uma rosca com um macho de 2 mm de diâmetro D, e 0,4 mm de passo p. Qual a broca que devemos empregar?

Temos: diâmetro do macho $d = 2$ mm
passo da rosca do macho $p = 0{,}4$ mm
diâmetro da broca a usar?

Materiał chroniony prawem autorskim

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $D = d\text{-}(1 \times p)$	1) Fórmula.
2) $D = 2 - (1 \times 0{,}4)$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) $D = 2 - (0{,}4)$	3) Multiplicando 1 por 0,4, temos 0,4 mesmo.
4) $D = 1{,}6$	4) A subtração entre 2 e 0,4 nos dá 1,6.

5) Devemos usar uma broca de 1,6 mm de diâmetro.

Observação: a fórmula para o cálculo pode ser:

$D = d - (1 \times p)$ ou

$D = d - (1{,}15 \times p)$. Por conseguinte, se ao efetuarmos o cálculo com l e p, e o resultado não coincidir com o diâmetro da broca que temos, ainda podemos lançar mão da outra fórmula, isto é, multiplicar 1,15 pelo passo p.

Outro exemplo: Temos que fazer uma rosca interna de 1/8" e 40 filetes por polegada. Que broca devemos usar para abrir o furo?

1º) Temos que transformar 1/8" em milímetro, o que nos dá: 3,175 mm. Para transformar 1/8" em milímetro, dividimos 25,4 mm (valor de uma polegada) por 8.

Assim: 25,4 mm ÷ 8 = 3,175 mm.

2º) Temos que ver, numa rosca de 40 filetes por polegada, a quanto corresponde o passo da rosca em mm. Para sabermos, dividimos 25,4 mm (valor de uma polegada em mm) por 40, que é o número de filetes.

Assim: 25,4 mm ÷ 40 = 0,635 mm

Temos então:

d = diâmetro do macho em mm 3,175 mm
p = passo da rosca do macho 0,635 mm
D = diâmetro da broca?

Assim:

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $D = d - (1 \times p)$	1) Fórmula.
2) $D = 3{,}175 - (1 \times 0{,}635)$	2) Substituindo as letras da fórmula pelos números.
3) $D = 3{,}175 - (0{,}635)$	3) Multiplicando 1 por 0,635, temos 0,635.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 9.2

Para rosca cilíndrica WHITWORTH para tubos

Com 100% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,28 × passo da rosca)

Com 90% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,15 × passo da rosca)

Com 80% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,03 × passo da rosca)

Para rosca cônica WHITWORTH para tubos

Com 100% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,54 × passo da rosca)

Com 100% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,41 × passo da rosca)

Tabela 9.3

Para rosca "BRITISH ASSOCIATION STANDARD"

Com 90% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,08 × passo da rosca)

Com 85% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,02 × passo da rosca)

Com 75% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo da rosca – (0,90 × passo da rosca)

Com 70% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo da rosca – (0,84 × passo da rosca)

Com 65% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo da rosca – (0,78 × passo da rosca)

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 9.4

Para rosca métrica (SI) e FINA

Com 90% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo da rosca – (1,17 × passo da rosca)

Com 85% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (1,10 × passo da rosca)

Com 75% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (0,97 × passo da rosca)

Com 70% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (0,91 × passo da rosca)

Com 65% de
profundidade rosqueada = Diâmetro externo do macho – (0,84 × passo da rosca)



Fig. 9.1
Verificação do número de filetes da rosca.

A velocidade de corte correta nos machos

Os machos de aço rápido devem ter velocidades de corte três vezes maiores do que os de aço-carbono.

Com velocidades baixas, os machos de aço rápido chegam a render menos do que os machos de aço-carbono.

A velocidade dos machos à máquina é proporcional ao número de filetes cortantes. Na página seguinte, temos a tabela indicando a velocidade para os machos de aço-cromo e aço rápido conforme o material a trabalhar.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 9.5

Velocidade de corte para machos

Material a trabalhar	Veloc. de corte em metro p/min	
	Macho de aço-cromo (CS)	Macho de aço rápido (HSS)
Alumínio	15	45
Baquelite	7	20
Latão	15	45
Bronze	10	30
Ferro fundido	7	20
Cobre	10	30
Duralumínio	10	30
Elétron	10	30
Ferro doce	5	15
Plástico macio	15	45
Silumínio	10	30
Aço-carbono	7	20
Aço inoxidável	–	6
Aço-cromo-níquel	–	8
Aço fundido	5	15
Ferro doce	6	20
Zinco	10	30

(Gentileza da SKF do Brasil, segundo catálogo nº 14)

As velocidades acima indicadas servem como orientação geral, e são baseadas nos machos nº 3 (cilíndricos). Para os outros machos, a velocidade pode ser aumentada como segue:

Machos meio cônicos nº 2	30%
Machos cônicos nº 1	60%
Machos para porcas	100%

Materiał chroniony prawem autorskim

A afiação dos machos e os ângulos corretos de corte

Machos bem afiados significam maior produção e rendimento, maior durabilidade, roscas mais perfeitas, e menor número de quebras e de machos presos.

A afiação dos machos deve ser feita à máquina e muito raramente à mão.

Como afiar os machos

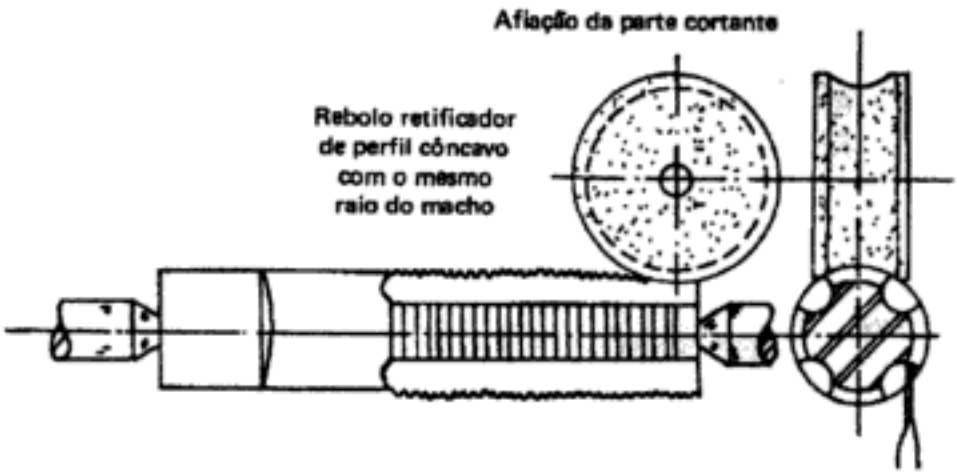


Fig. 9.2

1º) Prenda o macho entre pontas, dando a inclinação correspondente ao ângulo.

Não sabendo dar a inclinação, veja instruções.

2º) Afie a parte cortante, conforme mostra a figura 9.2, usando rebolo de perfil côncavo de raio igual ao do macho. Procure deixar tudo o mais uniforme possível.

3º) Afie agora os ângulos dos dentes como mostra a figura acima. Use a tabela de ângulos para esse trabalho, dando um ângulo para cada material a trabalhar quando se tratar de muitas roscas do mesmo material. Se o número de

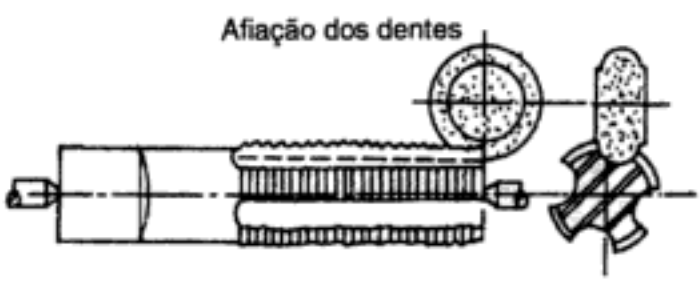


Fig. 9.3

Material chroniony prawem autorskim

roscas for pequeno, não compensa alterar os ângulos e deve-se adotar o ângulo corrente do macho.

Relação macho-broca

Para a abertura de roscas internas através de macho, precisamos abrir um furo com uma broca. Mas esta broca deve guardar uma relação com o diâmetro do macho a usar. As tabelas seguintes dão essa orientação. Procura-se a rosca que se vai abrir na primeira coluna à esquerda e que corresponde ao macho que vamos usar para abrir esta rosca. A coluna seguinte indica o diâmetro da broca.

Os diâmetros dos furos das brocas indicados nas tabelas que seguem, correspondem, aproximadamente, a 75% da profundidade da rosca nominal, para rosca grossa e fina (sendo, aproximadamente, 90% para as roscas métricas com perfil ISO), e, aproximadamente, 90% para roscas de tubos.

Tabela 9.8

Relação macho-broca para roscas WHITWORTH (grossa) (W) (BSW)

Macho p/abrir rosca de:	Use a broca c/ diâmetro de:	Ou a broca aprox. de:	Macho p/ abrir rosca de:	Use a broca c/ diâmetro de:	Ou a broca aprox. de:
W 1/16"	1,2	1,15	W 1"	22,3	22
W 3/32"	1,9	1,8	W 1 1/8"	25	24,75
W 1/8"	2,6	2,6	W 1 1/4"	28,3	28
W 5/32"	3,2	3,15	W 1 3/8"	31	30,5
W 3/16"	3,7	3,6	W 1 1/2"	34	33,5
W 7/32"	4,5	4,4	W 1 5/8"	36,5	36
W 1/4"	5,1	5,1	W 1 3/4"	39,5	39
W 5/16"	6,6	6,5	W 1 7/8"	42	41,5
W 3/8"	8	7,9	W 2"	45	44,5
W 7/16"	9,4	9,3	W 2 1/4"	51	50,5
W 1/2"	10,6	10,5	W 2 1/2"	57	56,5
W 9/16"	12,2	12	W 2 3/4"	62	61,5
W 5/8"	13,6	13,5	W 3"	69	68,5
W 3/4"	16,6	16,5			
W 7/8"	19,5	19,25			

(Cortesia da SKF do Brasil. Conforme catálogo nº 14)

Material chroniony prawem autorskim

Explicação da Tabela 9.8: A 1ª coluna indica a rosca que queremos abrir e o macho que devemos usar. A 2ª coluna indica o diâmetro da broca que devemos usar, para abrir a rosca para passar o macho. A 3ª coluna é para a eventualidade de não ter a broca indicada na 2ª coluna.

Tabela 9.9

Relação macho-broca para rosca métrica (fina) M

Macho p/abrir rosca de:	Use a broca c/ diâmetro de:	**Macho p/abrir rosca de:**	**Use a broca c/ diâmetro de:**
M 2 × 0,25	1,75	M 27 × 2	25
M 2,3 × 0,25	2,05	M 28 × 1	27
M 2,6 × 0,25	2,35	M 28 × 1,5	26,5
M 2,6 × 0,35	2,25	M 30 × 1	29
M 3 × 0,35	2,65	M 30 × 1,5	28,5
M 3,5 × 0,35	3,15	M 30 × 2	28
M 4 × 0,35	3,65	M 32 × 1	31
M 4 × 0,5	3,5	M 32 × 1,5	30,5
M 4,5 × 0,5	4	M 33 × 1	32
M 5 × 0,5	4,5	M 33 × 1,5	31,5
M 5,5 × 0,5	5	M 33 × 2	31
M 6 × 0,75	5,25	M 34 × 1,5	32,5
M 7 × 0,75	6,25	M 35 × 1	34
M 8 × 0,75	7,25	M 35 × 1,5	33,5
M 8 × 1	7	M 35 × 2	33
M 9 × 0,75	8,25	M 36 × 1	35
M 9 × 1	8	M 36 × 1,5	34,5
M 10 × 0,75	9,25	M 36 × 2	34
M 10 × 1	9	M 36 × 3	33
M 11 × 0,75	10,25	M 38 × 1	37
M 11 × 1	10	M 38 × 1,5	36,5
M 12 × 1	11	M 38 × 2	36

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 9.12 (continuação

Macho p/abrir rosca de:	**Use a broca c/ diâmetro de:**	Macho p/abrir rosca de:	**Use a broca c/ diâmetro de:**
R 5/8"	21	R 2 1/2"	72,5
R 3/4"	24,5	R 2 3/4"	79
R 7/8"	28,3	R 3"	85,5
R 1"	30,7	R 3 1/4"	91,5
R 1 1/8"	35,5	R 3 1/2"	97,5
R 1 1/4"	39,5	R 3 3/4"	104
R 1 3/8"	41,7	R 4"	110

(*Cortesia da SKF do Brasil. Conforme catálogos nºs 14 e 15*)

Tabela 9.13

Relação macho-broca para a abertura de roscas Whitworth para tubos (cônicas) (B S P T)

Macho p/abrir rosca de:	**Use a broca c/ diâmetro de:**	Macho p/abrir rosca de:	**Use a broca c/ diâmetro de:**
KR 1/8"	8,5	KR 1 1/4"	38
KR 1/4"	11,5	KR 1 3/8"	41
KR 3/8"	15	KR 1 1/2"	44,5
KR 1/2"	18,5	KR 1 3/4"	50
KR 5/8"	20,5	KR 2"	56
KR 3/4"	23,5	KR 2 1/4"	62
KR 7/8"	27	KR 2 1/2"	72
KR 1"	30	KR 2 3/4"	78
KR 1 1/8"	35	KR 3"	85

(*Cortesia da SKF do Brasil. Conforme catálogos nºs 14 e 15*)

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 9.14

Relação macho-broca americana para roscas para tubos N P T (cônicas)

Macho p/abrir rosca de:	Use a broca c/ diâmetro de:	Macho p/abrir rosca de:	Use a broca c/ diâmetro de:
NPT 1/8" – 27	8,5	NPT 1 1/4" – 11 3/4"	38
NPT 1/4" – 18	11	NPT 1 1/2" – 11 1/2"	44
NPT 3/8" – 18	14,5	NPT 2" – 11 1/2"	56
NPT 1/2" – 14	18	NPT 2 1/2" – 8	67
NPT 3/4" – 14	23	NPT 3" – 8	83
NPT 1" – 11 1/2"	29		

(*Cortesia da SKF do Brasil. Conforme catálogos nos 14 e 15*)

Séries de roscas e abreviaturas usuais

Tabela 9.15

NC = Significa rosca grossa, do inglês "National Coarse".
USS = Padrões de rosca NC. Padrão americano, padrão inglês e padrão métrico.
NF = Significa rosca fina.
EF = Significa rosca extrafina.
W = Rosca Whitworth.
N8 = Significa rosca padrão americano ou nacional com 8 roscas por polegada para qualquer diâmetro.
API = "American Petroleum Institute".
N12 = Significa 12 roscas por polegada para qualquer diâmetro.
M = Rosca métrica.

Ver também págs. 351 a 357.

Emprego das roscas conforme o tipo

As **roscas grossas NC** são usadas nos casos dos metais macios, ou onde se queira montagem ou desmontagem rápida. Máquinas em geral.

As **roscas finas NF** são empregadas em aviões, motores, parafusos, terminais, etc.

As **roscas extrafinas EF** são empregadas em casos especiais.

Materiał chroniony prawem autorskim

Acabamento das superfícies cilíndricas internas ou dos furos

Os furos feitos pelas brocas helicoidais não apresentam superfícies internas lisas e regulares.

Por isto, executado o furo pela broca, há necessidade de alisamento interno, o que antigamente se fazia através de pós de esmeris, hoje abandonado, pelo inconveniente deste pó, incrustando-se nas paredes do furo, agir como material abrasivo, desgastando as paredes e, às vezes, até a própria peça móvel que ali irá trabalhar, quando é o caso.

Dois são os processos mais comuns para o alisamento e regularização do furo:

a) Retificação interna através de pedra de esmeril, quando o diâmetro interno permite;
b) Através dos alargadores, cujos conhecimentos necessários para o trabalho com os mesmos foram apresentados no capítulo anterior.

Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 10

Roscas

Rosca Internacional Métrica

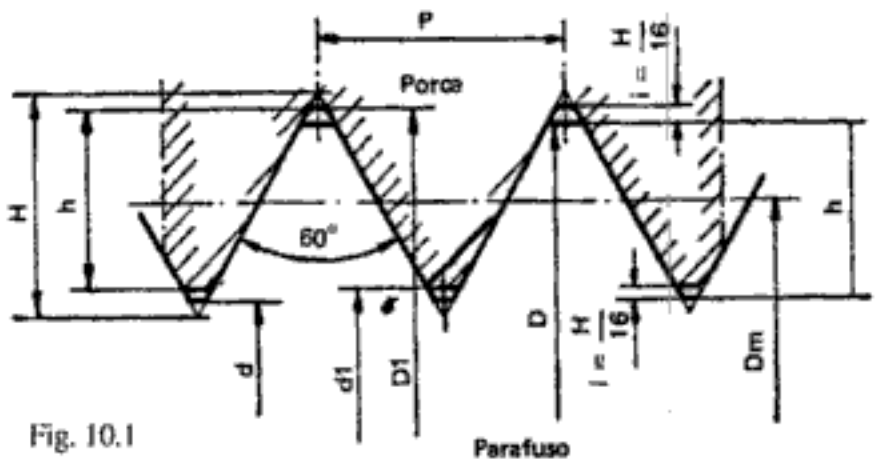


Fig. 10.1

Normas segundo o Comité de Normalization de la Mécanique CNM1

D = diâmetro nominal
H = altura teórica do filete = $0{,}866 \times p$
dl = diâmetro de alisamento da rosca = $D \times 1{,}299 \times p$
p = passo em milímetro
h = altura prática do filete = $H \times 13/16 = 0{,}703 \times p$
Dm = diâmetro médio do filete

Altura do contato dos filetes $H \times 12/16 = 0{,}649 \times p$

Arredondamento do fundo do filete = $0{,}054 \times p$

Observação: Para calcular a largura da ponta da ferramenta para a abertura de roscas, veja as figuras 3.46 a 3.52.

Material chroniony prawem autorskim

Rosca Métrica de Perfil Triangular "ISO"

Orientação para cálculos de perfis, para abertura da rosca "ISO"

H = 0,86603 × Passo	$H/8$ = 0,10825 × Passo
hi = 0,54127 × Passo	$D1 = d - 1{,}08253$ × Passo
he = 0,61343 × Passo	$D2 = d - 0{,}64953$ × Passo
H/4 = 0,21651 × Passo	$d1 = d - 1{,}22687$ × Passo
$H/6$ = 0,14434 × Passo	r = 0,14434 × Passo

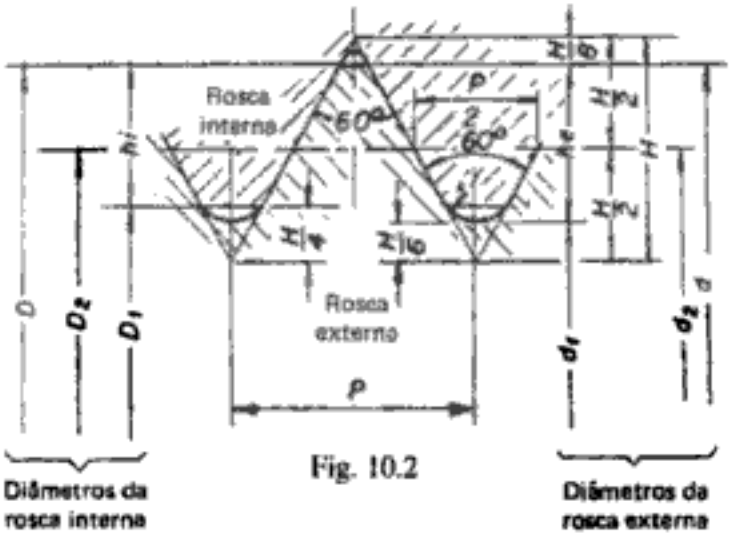


Fig. 10.2

(De acordo com as normas da ABNT. Para detalhes da tolerância, consultar a norma "P-NB-97 da ABNT).

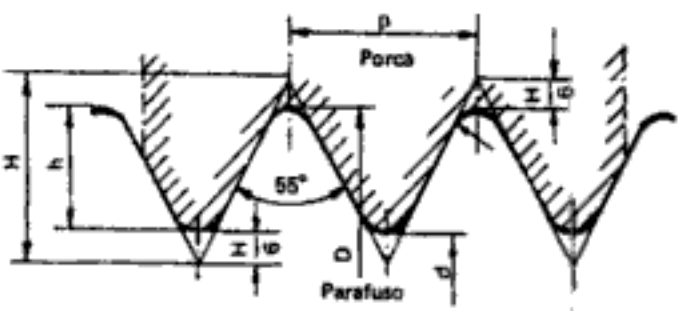
D = d = Diâmetro nominal	$D1$ = $d - 2hi$ ou
P = Passo da rosca	$D1$ = $d - 1{,}08253 \times P$
H = Altura teórica do filete	$D2$ = $d2 = d - 3/4 \times H$
$D2$ = Diâmetro médio da rosca interna	$D2$ = $d - 0{,}64953 \times P$
$d2$ = Diâmetro médio da rosca interna	$d1$ = $d2 - 2(H/2 - H/6)$
$D1$ = $d1$ = Diâmetro menor	$d1$ = $d - 1{,}22687 \times P$
hi = Altura do filete da rosca interna	$hi = \frac{D - D1}{2}$ ou $5/8 \times H$
he = Altura do filete da rosca externa	hi = $0{,}54127 \times P$
r = Raio da rosca	$he = \frac{d - d1}{2}$ ou $17/24 \times H$
$D1$ = $d2 - 2(H/2 - H/4)$	he = $0{,}61343 \times P$
	r = $H/6$ ou $0{,}14434 \times P$

Material chroniony prawem autorskim

Perfil da Rosca ISO (mudando o perfil SI) (NFE 03-001) e rosca UN

H = altura teórica do filete = $0{,}866 \times p$
h = altura do contato do filete (ISO $H1$) = $0{,}5412 \times p$ ou $5/8H$

Rosca Whitworth



W (BSW), BSF, R(BSP)
Fig. 10.3

D = diâmetro nominal em polegadas
h = altura dos filetes $0{,}6403 \times p$ ou $2/3H$
d = diâmetro de alisamento da rosca $D - 1{,}2806 \times p$
p = passo em número de filetes por polegada
r = raio $0{,}1373 \times p$
H = $0{,}96049 \times p$
$H/6$ = $0{,}16008 \times p$

Roscas "Sellers" ou "United States Standard" (USS)

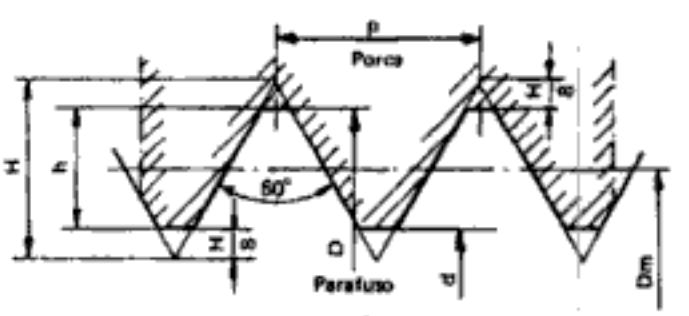


Fig. 10.4

D = diâmetro nominal em polegadas
h = altura dos filetes = $0{,}649 \times p$
p = passo em número de filetes por polegada
d = diâmetro de alisamento da rosca = $D - 1{,}299 \times p$

Materiał chroniony prawem autorskim

Rosca ACME

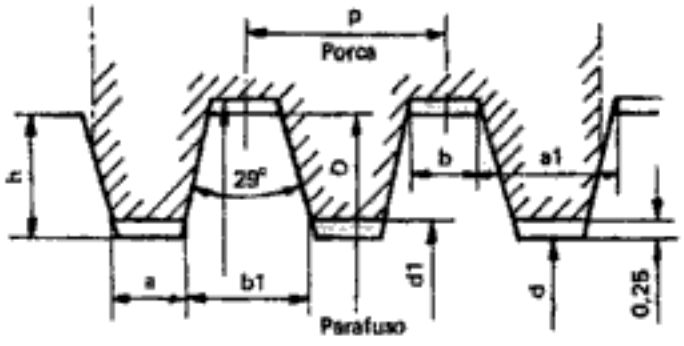


Fig. 10.5

D = diâmetro nominal em polegadas
h = altura dos filetes ou $h = a + 0{,}254$ mm
d = diâmetro de alisamento da rosca $= D - p$
p = passo em número de filetes em polegadas
$a = 0{,}3707 \times p$
$b = 0{,}3707 \times p - 0{,}1321$ mm

Diâmetro do núcleo da rosca $= D - (p + 0{,}508)$

Rosca métrica trapezoidal

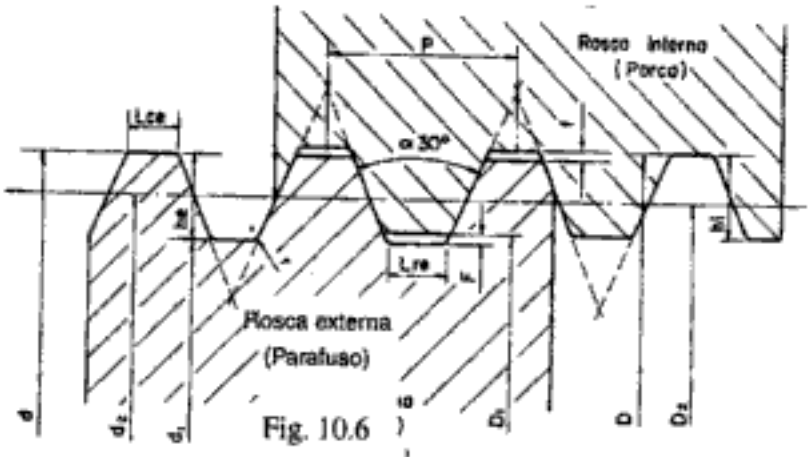


Fig. 10.6

$d1 = d - 2he$
$d2 = d - 0{,}5P$
$Lre = P \times 0{,}365 - 0{,}135$
$D = d + 2t$
$D1 = d1 + 2F$
$D2 = d2$
$he = 0{,}5P + f$
$hi = 0{,}5P + 2f - F$

P = passo da rosca
d = diâmetro maior parafuso (Ø nominal)
f = folga do fundo do filete da porca (*)
F = folga do fundo do filete do parafuso (*)
r = arredondamento do fundo do filete do parafuso (*)
α = 30° ângulo de perfil

Materiał chroniony prawem autorskim

Valores de folga

d	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
f	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
F	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

d	42	44	46	48	50	52	55	58	60	62	66	68	70	72	75	78
f	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
F	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

d	80	82	85	88	90	92	95	98	100	105	110	115	120	125	130	135
f	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
F	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Rosca quadrada

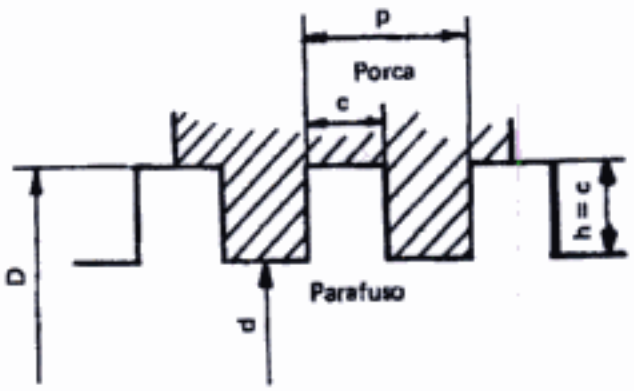


Fig. 10.7

D = diâmetro nominal em mm

h = passo em mm

1 filete = 9/19 do p ou $0{,}473 \times p$

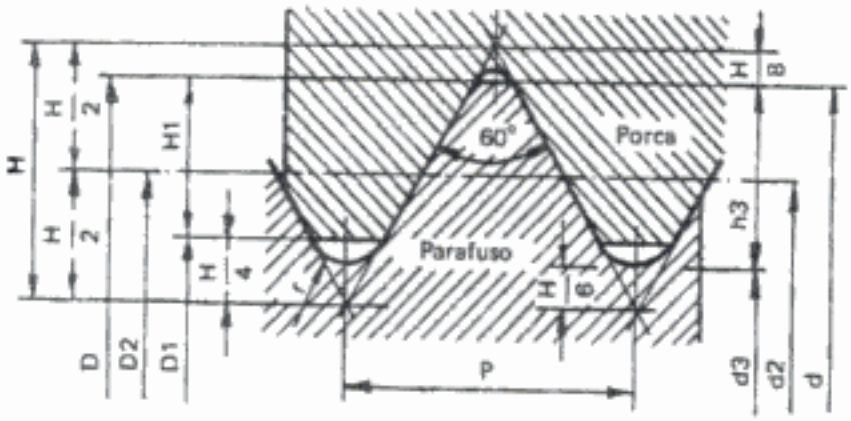
d = altura dos filetes

2 filetes = 9/38 do p ou $0{,}237 \times p$

p = diâmetro de alisamento da rosca = $D - 0{,}946 \times$ passo aparente

Material chroniony prawem autorskim

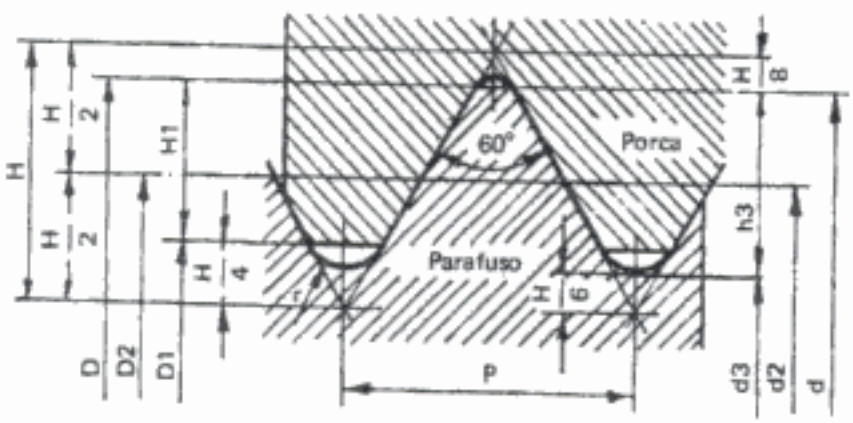
Rosca UNF



$H = 0{,}86603\ P$
$H_1 = 0{,}54127\ P$
$H_3 = 0{,}61343\ P$
$r = \frac{H}{6} = 0{,}14434\ P$

Fig. 10.8

Rosca UNC



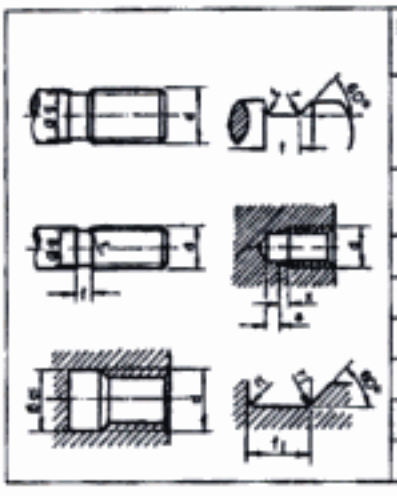
$H = 0{,}86603\ P$
$H_1 = 0{,}54127\ P$
$H_3 = 0{,}61343\ P$
$r = \frac{H}{6} = 0{,}14434\ P$

Fig. 10.9

(Roscas "UNF" e "UNC" — para dimensões e brocas veja a tabela 12.8)

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 10.1
Tabela de Rebaixo para Saída de Rosca (Conforme DIN 76)



Passo h	0,5	0,7	0,75	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4
d	M3	M4	M4,5	M5	M6 M7	M8 M9	M10 M11	M12	M14 M16	M18 M20 M22	M24	M30	M36
f	1,5	2,1	2,3	2,4	3	3,8	4,5	5,1	6	7,5	9	10,51	12
r	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1	1,2	1,6	,6	2
g	d-0,8	d-1,1	d-1,2	d-1,3	d-1,6	d-2	d-2,3	d-2,6	d-3	d-3,6	d-4,4	d-5	d-5,7
f_1	2	2,8	3	3,2	4	5	6	7	8	10	12	14	16
r_1	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	1	1	1	1,2	1,6	2	2	2
g_1	$d+0,3$				$d+0,5$								
x	1	1,4	1,5	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8
e	1,8	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3

Ângulo de inclinação do porta-ferramenta para abertura de rosca.
ISO e S.I. de rosca = 60°
Whitworth = 62° e 30'

A indicação da rosca ISO é feita por um símbolo M, seguido do diâmetro e do passo, separados por um sinal de ×.

A ABNT tem a norma P-NB-97 que, após a indicação do passo, como se explicou acima, dá as indicações das tolerâncias.

Saiba indicar e interpretar as roscas no desenho

Existem normas a respeito. Exemplo completo de rosca externa.

M 9 × 0,75 – 5g 6g (ABNT P-NB-97)

M Símbolo inicial da rosca ISO.

9 Diâmetro nominal da rosca em mm.

× Sinal de multiplicação.

0,75 Passo da rosca em mm.

— Traço de separação.

5 Qualidade da tolerância do diâmetro efetivo.
(sobre Tolerância ISO, veja pág. 476).

g Classificação do diâmetro efetivo. Letra maiúscula no caso de diâmetro externo e minúscula no caso de rosca interna.

6 Qualidade da tolerância do diâmetro maior.

g Classificação do diâmetro maior em relação ao tipo de ajuste (Veja págs. 476 e 477).

Material chroniony prawem autorskim



Atenção: Nas roscas de PASSO GROSSO, as indicações do Passo podem ser suprimidas. Ex.: M 11-7H.

Atenção: ROSCA EXTERNA — LETRA DA TOLERÂNCIA MINÚSCULA.
ROSCA INTERNA — LETRA DA TOLERÂNCIA MAIÚSCULA.

Atenção: ROSCA ESQUERDA, leva uma abreviatura final RE. Ex.: M 9 × 0,75 — 5g 6g RE.

Atenção: Nas roscas externas de tolerância 6g, no diâmetro efetivo e diâmetro maior, a indicação da tolerância 6g pode ser suprimida. Ex.: M 24 — 6g pode ser indicado somente com o traço. M 24. O mesmo com as roscas internas 6H no diâmetro efetivo e menor. Ex.: M 10 — 6H — M 10.

Atenção: Nos casos de ajuste entre 2 roscas, primeiro vem a ROSCA INTERNA (porca) com a tolerância, e em seguida a indicação da rosca externa (ex.: parafuso) separado somente por uma /. Ex.: M 30 — 6H/6g — ajuste de uma porca M 30 × 3,5 — 6H com um parafuso de tolerância 6g.

As observações acima estão de acordo com as normas ABNT P-NB-97.

Material chroniony prawem autorskim

É útil e importante conhecer os símbolos das roscas

ASTP	= **NPT**
BA	Rosca British Association
BSF	Rosca Whitworth de passo fino
BSP	Rosca Whitworth cilíndrica para tubos
BSPT	Rosca Whitworth cônica para tubos
BSW	Rosca Whitworth de passo normal
C	Rosca para bicicletas
E	Rosca Edison
ISO	International Standards Organization
KR	= **BSPT**
M	Rosca métrica
N	Rosca americana
NC	Rosca americana de passo normal
NEF	Rosca americana de passo extrafino
NF	Rosca americana de passo fino
NPS	Rosca americana cilíndrica para tubos
NPSF	Rosca americana cilíndrica "Dryseal" para tubos
NPT	Rosca americana cônica para tubos
NPTF	Rosca americana cônica "Dryseal" para tubos
NS	Rosca americana de passo especial
PG	Rosca para tubos blindados
Pr	= **PG**
R	= **BSP**
Rd	Rosca de filetes redondos
SAE	= **NF**
SI	Rosca métrica de passo normal
SIF	Rosca métrica de passo fino
Tr	Rosca de filetes trapezoidais
UN	Rosca unificada
UNC	Rosca unificada de passo normal
UNF	Rosca unificada de passo fino
UNS	Rosca unificada de passo especial
W	Rosca Whitworth

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 10.4

Rosca Whitworth Normal (continuação)

d Polegadas	*D* mm	Nº de fios	*r* mm	*P* mm	*d* mm	d_2 mm
3/8	9,525	16	0,218	1,588	7,492	8,509
7/16	11,113	14	0,249	1,814	8,789	9,951
1/2	12,700	12	0,291	2,117	9,990	11,345
9/16	14,288	12	0,291	2,117	11,577	12,932
5/8	15,876	11	0,317	2,309	12,918	14,397
11/16	17,463	11	0,317	2,309	14,506	15,985
3/4	19,051	10	0,349	2,540	16,798	17,424
13/16	20,638	10	0,349	2,540	17,385	19,012
7/8	22,226	9	0,388	2,822	18,611	20,419
15/16	23,813	9	0,388	2,822	20,199	22,006
1	25,401	8	0,436	3,175	21,335	23,369
1 1/8	28,576	7	0,498	3,629	23,929	26,253
1 1/4	31,751	7	0,498	3,629	27,104	29,428
1 3/8	34,926	6	0,581	4,233	29,505	32,215
1 1/2	38,101	6	0,581	4,233	32,680	35,391
1 5/8	41,277	5	0,698	5,080	34,771	38,024
1 3/4	44,452	5	0,698	5,080	37,946	41,199
1 7/8	47,627	4,5	0,775	5,645	40,398	44,012
2	50,802	4,5	0,775	5,645	43,573	47,187
2 1/8	53,977	4,5	0,775	5,645	46,748	50,362
2 1/4	57,152	4	0,872	6,350	49,020	53,080
2 3/8	60,327	4	0,872	6,350	52,195	56,261
2 1/2	63,502	4	0,872	6,350	55,370	59,436
2 5/8	66,677	4	0,872	6,350	58,545	62,611
2 3/4	69,853	3,5	0,997	7,257	60,558	65,205
2 7/8	73,028	3,5	0,997	7,257	63,734	68,381
3	76,203	3,5	0,997	7,257	66,909	71,566

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 10.6

Rosca BSF

Diâmetro em polegadas	Diâmetro em mm	Nº de fios por polegada	Passo em mm	Diâmetro médio mm	Diâmetro do fundo mm	Diâmetro da broca para furos roscados mm
7/32	5,55	28	0,9067	4,97	4,39	4,5
1/4	6,35	26	0,9779	5,72	5,08	5,2
9/32	7,14	26	0,9779	6,51	5,89	6
5/16	7,93	22	1,1545	7,18	6,45	6,7
3/8	9,52	20	1,270	8,71	7,89	8
7/16	11,11	18	1,411	10,21	9,29	9,5
1/2	12,7	16	1,588	11,68	10,66	10,75
9/16	14,28	16	1,588	13,26	12,24	12,7
5/8	15,87	14	1,814	14,70	13,53	13,9
11/16	17,46	14	1,814	16,29	15,13	15,5
3/4	19,05	12	2,117	17,67	16,33	16,7
13/16	20,63	12	2,117	19,27	17,91	18,25
7/8	22,22	11	2,309	20,73	19,26	19,85
1	25,40	10	2,54	23,77	22,13	22,6
1 1/8	28,57	9	2,822	26,76	24,95	25,4
1 1/4	31,75	9	2,822	29,93	28,13	28,5
1 1/2	34,92	8	3,175	32,89	30,85	31,35
1 5/8	38,1	8	3,175	36,06	34,03	34,5
1 3/4	41,27	8	3,175	39,24	37,21	37,7
2	44,45	7	3,629	42,12	39,80	40,5
2 1/4	50,80	7	3,629	48,47	46,15	46,8
2 1/2	57,15	6	4,234	54,43	51,73	52,4
2 5/8	63,50	6	4,234	60,78	58,07	58,75
2 3/4	69,85	6	4,234	67,13	64,42	65,1
3	76,20	5	5,080	72,94	69,69	69,85

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 10.7

Rosca BSP

Diâmetro nominal em polegadas	Diâmetro em mm	Nº de fios por polegada	Passo em mm	Diâmetro médio mm	Diâmetro do fundo mm	Diâmetro da broca para furos roscados mm
1/8	9,728	28	0,907	9,14	8,56	8,75
1/4	13,158	19	1,337	12,30	11,44	11,5
3/8	16,66	19	1,337	15,80	14,95	15
1/2	20,95	14	1,814	19,79	18,63	19
5/8	22,91	14	1,814	21,75	20,68	21
3/4	26,44	14	1,814	25,28	24,11	24,5
7/8	30,20	14	1,814	29,04	27,87	28
1	33,25	11	2,309	31,77	30,29	30,5
1 1/8*	37,89	11	2,309	36,42	34,94	35,3
1 1/4	41,91	11	2,309	40,43	38,95	39,3
1 3/8	44,32	11	2,309	42,84	41,36	41,75
1 1/2	47,80	11	2,309	46,32	44,84	45,25
1 3/4	53,74	11	2,309	52,27	50,79	50,8
2	59,61	11	2,309	58,13	56,65	57,15
2 1/4	65,71	11	2,309	64,23	62,75	
2 1/2	75,18	11	2,309	73,70	72,23	
2 3/4	81,53	11	2,309	80,05	78,58	
3	87,88	11	2,309	86,40	84,93	
3 1/4	93,98	11	2,309	92,50	91,02	
3 1/2	100,33	11	2,309	98,85	97,37	
3 3/4	106,68	11	2,309	105,20	103,72	
4	113,03	11	2,309	111,55	110,07	
4 1/2	125,73	11	2,309	124,25	122,77	
5	138,43	11	2,309	136,95	135,47	
5 1/2	151,13	11	2,309	149,65	148,17	
6	163,83	11	2,309	162,35	160,87	
7	189,23	10	2,54	187,61	185,98	
8	214,63	10	2,54	213,01	211,38	
9	240,03	10	2,54	238,41	236,78	
10	265,44	10	2,54	263,81	262,18	
11	290,84	8	3,175	288,80	286,77	
12	316,24	8	3,175	314,20	312,17	

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 10.8

Rosca NPT

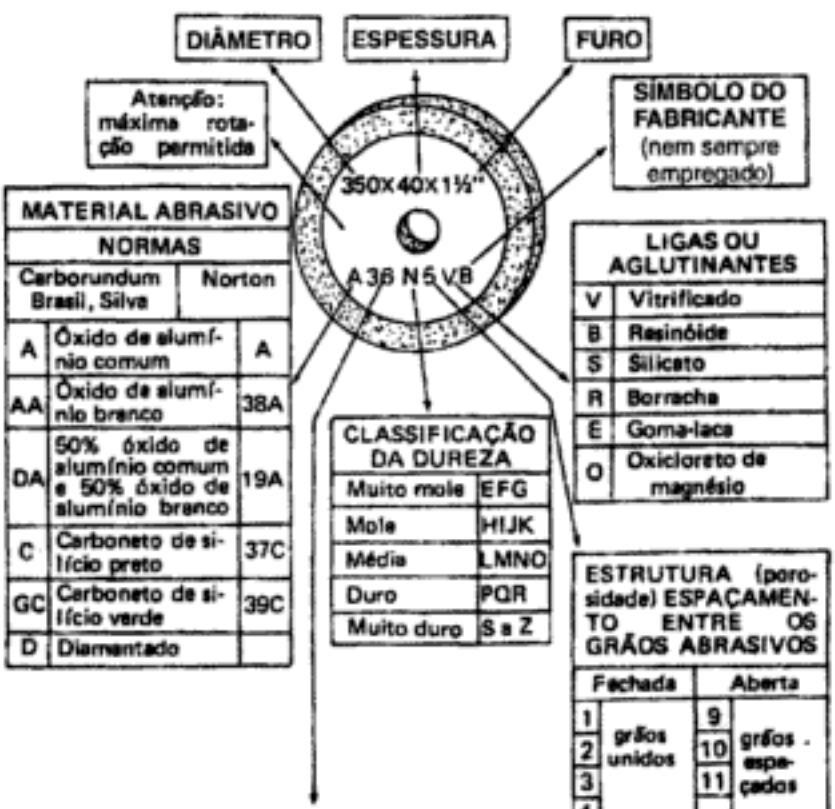
Diâmetro nominal do tubo		Diâmetro externo do tubo	Passo em mm	Diâmetro efetivo da rosca	Comprimento útil da rosca	Comprimento para apertar manual	Número de filetes por 25,4	Diâmetro do furo em mm para rosca interna
mm	Pol	D	P	A	E	F	mm	
3,17	1/8	10,28	0,93	9,22	6,68	4,08	27	8,5
6,35	1/4	13,71	1,39	12,11	10,18	5,76	18	11,2
9,52	3/8	17,14	1,39	15,54	10,33	6,09	18	14,5
12,70	1/2	21,33	1,80	19,25	13,53	8,12	14	18,0
19,05	3/4	36,67	1,80	24,56	13,84	8,61	14	23,0
25,40	1	33,40	2,18	30,81	17,32	10,16	11,5	29,0
31,75	1 1/4	42,16	2,18	39,54	17,93	10,66	11,5	38,0
38,10	1 1/2	48,26	2,18	45,61	18,36	10,66	11,5	44,0
50,80	2	60,32	2,18	57,63	19,20	11,07	11,5	56,0
63,50	2 1/2	73,02	3,17	69,06	29,87	17,32	8	67,0
76,20	3	88,90	3,17	84,83	30,48	19,45	8	83,0

Materiał chroniony prawem autorskim

Capítulo 11

Rebolos

Dimensões e classificações



MATERIAL ABRASIVO		
NORMAS		
Carborundum Brasil, Silva		Norton
A	Óxido de alumínio comum	A
AA	Óxido de alumínio branco	38A
DA	50% óxido de alumínio comum e 50% óxido de alumínio branco	19A
C	Carboneto de silício preto	37C
GC	Carboneto de silício verde	39C
D	Diamantado	

CLASSIFICAÇÃO DA DUREZA	
Muito mole	EFG
Mole	HIJK
Média	LMNO
Duro	PQR
Muito duro	S a Z

LIGAS OU AGLUTINANTES	
V	Vitrificado
B	Resinóide
S	Silicato
R	Borracha
E	Goma-laca
O	Oxicloreto de magnésio

ESTRUTURA (porosidade) ESPAÇAMENTO ENTRE OS GRÃOS ABRASIVOS			
Fechada		Aberta	
1	grãos unidos	9	grãos espaçados
2		10	
3		11	
4			
5	grãos meio unidos	12	grãos bem espaçados
6		13	
7		14	
8		15	

CLASSIFICAÇÃO DA GRANULAÇÃO						
Granulação	Números da granulação					
Muito grosso	6	8	10	12	14	16
Grosso	20	24	30	36	46	54
Médio	60	70	80	90	100	120
Fino	150	180	220	240		
Muito fino	280	320	400	500		
Pó	600	700	800	1000	1200	1600

Fig. 11.1

Material chroniony prawem autorskim

Os materiais abrasivos dos rebolos. Como reconhecer e como usar

Os rebolos podem ser de ÓXIDO DE ALUMÍNIO ou de CARBONETO DE SILÍCIO.

Os rebolos de ÓXIDO DE ALUMÍNIO (vendidos no Brasil com os nomes de "ALOXITE", "ALUNDUN", "CORUNDIT" e "RECORDIT") são menos duros, mas resistem melhor aos golpes e impactos, por serem mais tenazes.

Os rebolos de CARBONETO DE SILÍCIO (fabricados no Brasil com os nomes de "CARBORUNDUN", "CRYSTOLON", "SILICIT", "CARBORECORD") são mais duros, mas suportam menos os golpes, impactos e choques. Por isso são empregados para desbastar materiais de baixa resistência à tração ou quebradiços, enquanto os rebolos de óxido de alumínio são usados em materiais de maior tenacidade, ou seja, de maior resistência à tração, donde a seguinte regra:

Material quebradiço ou de baixa resistência à tração. Empregar rebolos de carboneto de silício.
Material pouco quebradiço ou de alta resistência à tração (tenaz). Empregar rebolos de óxido de alumínio.

O que acontece quando isso não é observado? Os rebolos de carboneto de silício, quando empregados em materiais de alta tenacidade ou alta resistência à tração, desgastam-se rapidamente porque a granulação se fragmenta e se parte com facilidade. Por outro lado, quando se empregam os rebolos de óxido de alumínio em materiais de baixa resistência à tração, eles se embotam rapidamente, isto é, perdem o corte ou se emplastam.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 11.1

Que rebolos deve-se escolher?

Rebolos de Óxido de Alumínio Marca "Aloxite", "Alundum", "Corundit", "Recordit"	**Rebolos de Carboneto de Silício** Marca "Carborundum", "Crystolon", "Silicit", "Carborecord"
Empregar em materiais de alta tenacidade (menos quebradiços)	Empregar em material de baixa tenacidade (mais quebradiço)
Aço-carbono Aços-ligas tenazes Ferro forjado recozido Bronze tenaz Aços rápidos	Metal duro (Widia) Ferro cinzento Ferro fundido em coquilhas Ferro cementado Bronze fundido
Ferro maleável Ferro forjado	Latão, Cobre Alumínio Mármore, Granito, Vidro Pedra, Concreto Borracha, Couro

Atenção: Para afiação de ferramentas de metal duro (Widia) empregar rebolos de Carboneto de Silício Verde GC ou 39C (Norton). Além da orientação da tabela, ao se fazer uso de um rebolo, deve-se observar:

1) O material a ser trabalhado, se duro ou mole.
2) A operação a ser executada, de desbaste ou acabamento, retificação, etc. Assim:

- Para trabalhos grosseiros, desbaste e rebarba, usar rebolo de granulação grossa.
- Para trabalhos finos, acabamento, afiação, usar rebolos de granulação fina.
- Em rebolos de liga vitrificada (V) usar baixa velocidade. (Até 32 m/seg).
- Em rebolos de liga resinóide (B) usar velocidades maiores. (Até 47 m/seg) para desbaste.

Material chroniony prawem autorskim

Espaçamento ou porosidade dos rebolos

É dado por uma classificação que vai de 1 a 15. Os números mais baixos para os rebolos mais fechados, e os números mais altos para os rebolos mais abertos. (Ver figura 11.1).

Rebolos de estrutura mais espaçada — maior obstrução e maior saída do cavaco, mas menor duração (dependendo da dureza) e acabamento mais grosseiro.

Os rebolos de ESPAÇAMENTO MAIS ABERTO são mais indicados para os trabalhos de DESBASTE, para os materiais que se ALTERAM facilmente com o CALOR, os que soltam CAVACOS GRANDES, ou os que tenham muita SUPERFÍCIE DE CONTATO.

Os rebolos de ESPAÇAMENTO MAIS FECHADO são mais indicados para os trabalhos de ACABAMENTO.

O que se deve saber sobre a velocidade dos rebolos

Material mole — maior velocidade do rebolo

Material duro — menor velocidade do rebolo

Rebolo de liga vitrificada — baixa velocidade (Até 32 m/seg)

Rebolo de liga resinóide — alta velocidade (Até 47 m/seg)

A influência da velocidade sobre o rebolo

Aumentando-se a velocidade de um rebolo, ele se comporta como mais duro. A diminuição da velocidade de um rebolo faz com que ele se comporte como mais mole.

Influência da velocidade da peça: Aumentando-se a velocidade da peça, o rebolo se comporta como mais mole. Inversamente, quando a velocidade da peça diminui, o rebolo se comporta como mais duro.

Material chroniony prawem autorskim

O que se deve entender pela classificação de dureza de um rebolo

A dureza de um rebolo corresponde ao modo em que os grãos do material abrasivo estão ligados entre si, e não propriamente à dureza do material em si.

Quando a granulação de um rebolo solta-se ou se destaca facilmente dizemos que o rebolo é mole. Quando estes grãos não se soltam facilmente dizemos que o rebolo é duro. Quando o material que se vai trabalhar tem a tendência de emplastar ou de cobrir o rebolo, deve-se usar rebolo que solte grãos, isto é, rebolo mole. Um rebolo mole desgasta-se mais depressa do que um rebolo duro, mas em compensação não sofre o emplastamento.

Tabela 11.2

Velocidade dos rebolos

Material	Desbaste	Acabamento	Retificação interna
Alumínio	18 a 21	18 a 21	48
Bronze, Latão, Cobre	18 a 20	18 a 21	42
Ferro fundido	15 a 18	15 a 18	36
Aços-ligas	9	9 a 12	24 a 30
Aço temperado	12	15 a 18	24 a 32
Aço não temperado	9 a 12	12 a 15	18 a 24
Ferramentas e chapas	22	32	
Superfícies cilíndricas	27	32	
Superfícies planas	20	32	
Superfícies internas	10	32	
Operações de desbastar com rebolo de liga vitrificada	25	32	
Operação de desbastar com rebolo resinóide	35	47	
Rebolos de corte	50	80	
Disco de comando de válvulas	10	25	

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 11.4

Rebolos recomendados para esmerilhar metal duro

Operação	Abrasivo	Granulação	Dureza	Porosidade	Liga
À mão desbastar	CSi ou diamante	60 100	H I J J	6 –	Vitrificada Resina
Acabar	CSi ou diamante	100 100	H I J J	5	Vitrificada Resina
À máquina desbastar	CSI	60	G H I	5-6	Vitrificada
Acabar	CSI	80 a 100	H I J	5-6	Vitrificada
Superfície desbastar a seco	CSI	60	G H I	6	Vitrificada
Acabar a seco	CSI	100	G H	5	Vitrificada
Desbastar úmido	diamante	100	J		Resina
Acabar úmido	diamante	220	J		Resina
Polimento comum	diamante	220-320	H I		Resina
Fino	diamante	400-500	H I		Resina

No emprego dos rebolos observe:
Existe uma especificação de rebolo para cada serviço e material?
O rebolo desgasta-se rapidamente?
Há erro de abrasivo ou de dureza?
A velocidade de um rebolo modifica a dureza do rebolo no trabalho?

Material chroniony prawem autorskim

Retificação interna — o rebolo e a peça devem girar em sentido inverso.

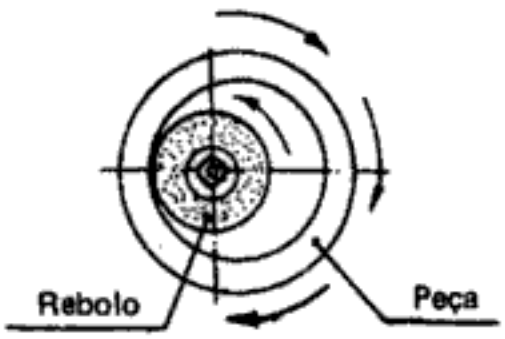


Fig. 11.3

A velocidade de rotação do rebolo, tanto na retificação interna como externa, deve ser maior do que a da peça.

Retificação plana — Para um sentido determinado de rotação do rebolo, o avanço da peça pode ser da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda.

Retificação do rebolo por diamante

1) Evitar vibrações.
2) Inclinar o eixo do porta-diamante:
   Grão muito fino 45° — Grão médio 20°
   Grão fino 30° — Grão grosso 15°
3) Evitar choques. O diamante deve penetrar levemente.
4) Diminuir a velocidade do rebolo ao mínimo.

Atenção: O rebolo deve ter proteção para *evitar que faíscas atinjam o rosto e os olhos do operador.* Não existindo proteção, *o operador deve usar óculos de proteção.*

Nunca ponha a mão em um rebolo em movimento.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 11.6

Recomendações para o uso dos rebolos
Rebolos retos face A, uso geral

(*Cortesia da Carborundum do Brasil*)

Para aço e ferro maleável		**Para ferro fund. latão, bronze, alumínio**	Para metal duro (Widia)
Material Abrasivo	Óxido de Alumínio	Carboneto de Silício	Carboneto de Silício Verde
Granulação	16, 24, 36, 46, 60, 80, 100	de 16 a 60	60, 80,100, 120, 200
Dureza	de M a R	O a R	J
Porosidade	nº 6	nº 4	nº 5
Liga	vitrificada	vitrificada	vitrificada

Tabela 11.7

Retificação de superfície plana	**Retificação cilíndrica**
Rebolo reto plano:	Rebolos retos e rebaixados de 1 ou 2 lados:
Aço-carbono D A 46 I 8 V	
Aço temperado AA 46 H 7 V	Ferro fundido C 36 J 4 V
Rebolo anel ou segmento	Aço doce A 46 N 6 V
Aço-carbono D A 36 H 8 V	Aço temperado D A 60 D 6 V
Aço temperado A A 30 H 7 V	Metal Monel A 60 J V

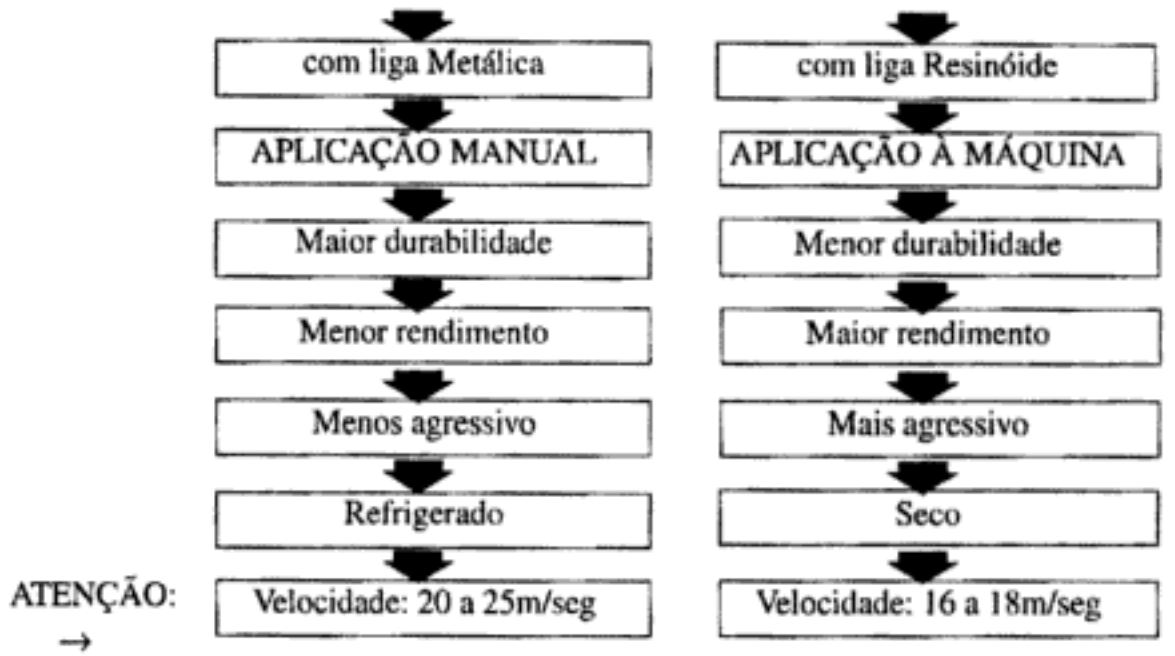
Tabela 11.8

Retificação interna

Rebolos retos e rebaixados de um lado	
Ferro fundido e alumínio	C 46 K4 V
Aço temperado	DA 60 K8 V
Aço doce	A 46 L6 V

Materiał chroniony prawem autorskim

Rebolos diamantados



ATENÇÃO: →

Os Rebolos de Diamante natural são indicados pela letra D

Os Rebolos de Diamante Sintético são indicados pelas letras SD

Os Rebolos de Diamante Sintético SD têm rendimento 50% superior

Os Rebolos de Diamante Sintético revestidos ASD têm 80% de rendimento sobre os de diamante natural

Os Rebolos de Diamante Sintético revestidos não trincam, não soltam fora, e seguram os outros componentes

Tipos de Rebolos Diamantados

Tipo de Diamante Usado	Indicação	Aplicação
Natural	D	
Sintético com revestimento de cobre	SD	Trabalho a seco
Sintético com revestimento de níquel	ASD	Trabalho refrigerado
Sintético com revestimento de níquel	ASDC	Trabalho dificilmente sem refrigeração

Material chroniony prawem autorskim

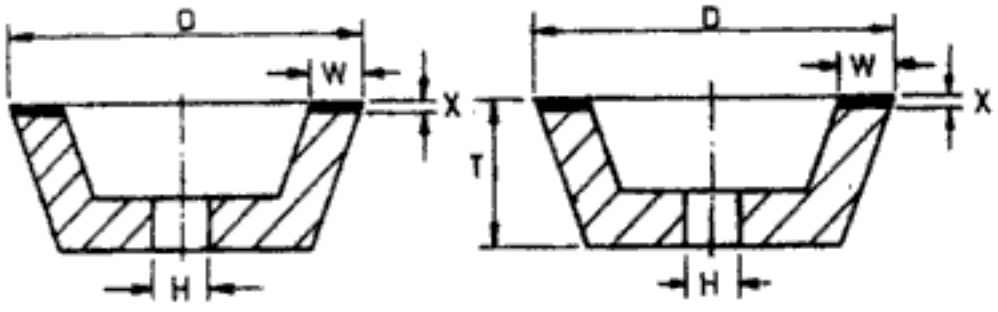


Fig. 11.4

6 A 2	D	120	R	75	B ou M	X
Tipo de Rebolo (formato)	Tipo de diamante usado	Granulação	Dureza da liga	Concentração de diamante por cm^3	Tipo da liga	Espessura da camada diamantada por encomenda (1)

Indicações dos rebolos diamantados:
Primeiro se faz a indicação referente ao tipo de rebolo e suas medidas.
Exemplo:
1º

1º	2º	3º	4º	5º	6º
Tipo de rebolo (forma)	Diâmetro	Largura da parte diamantada	Espessura da parte diamantada (1)	Diâmetro do furo	Altura (2)
6 a 2	D	W	X	H	T(2)

Depois vêm as indicações referentes à qualidade.
2º

1º	2º	3º	4º	5º	6º
Tipo do diamante usado	Granulação	Dureza da liga	Concentração (quantidade do diamante por cm^3)	Tipo da liga	Espessura da camada (1)
SD	120	R		B ou M	

(1) – Sob encomenda. (2) – Nas normas nacionais usa-se h ou H.

Material chroniony prawem autorskim

As letras de indicação da dureza e os números de granulação são semelhantes às usadas pelos rebolos comuns.

Dureza, letras de A a Z J = Mole N = Médio R = Dura	nºs de granulação			
	Desbastes 80 a 120	Semi-acabamento 150 a 250	Acabamento acima de 180	Espelhamento acima de 400

Adotar:

Granulação:		Concentração
Grossa	⟶	Forte
Fina	⟶	Fraca

Operação	Concentração
Desbastes	100 a 75
Semi-acabamento	75 a 50
Acabamento	50 a 25

Refrigeração a adotar:

Rebolos metálicos, 1/3 de querosene, 2/3 de água.

Rebolos resinóides (quando refrigerados), usar óleo solúvel.

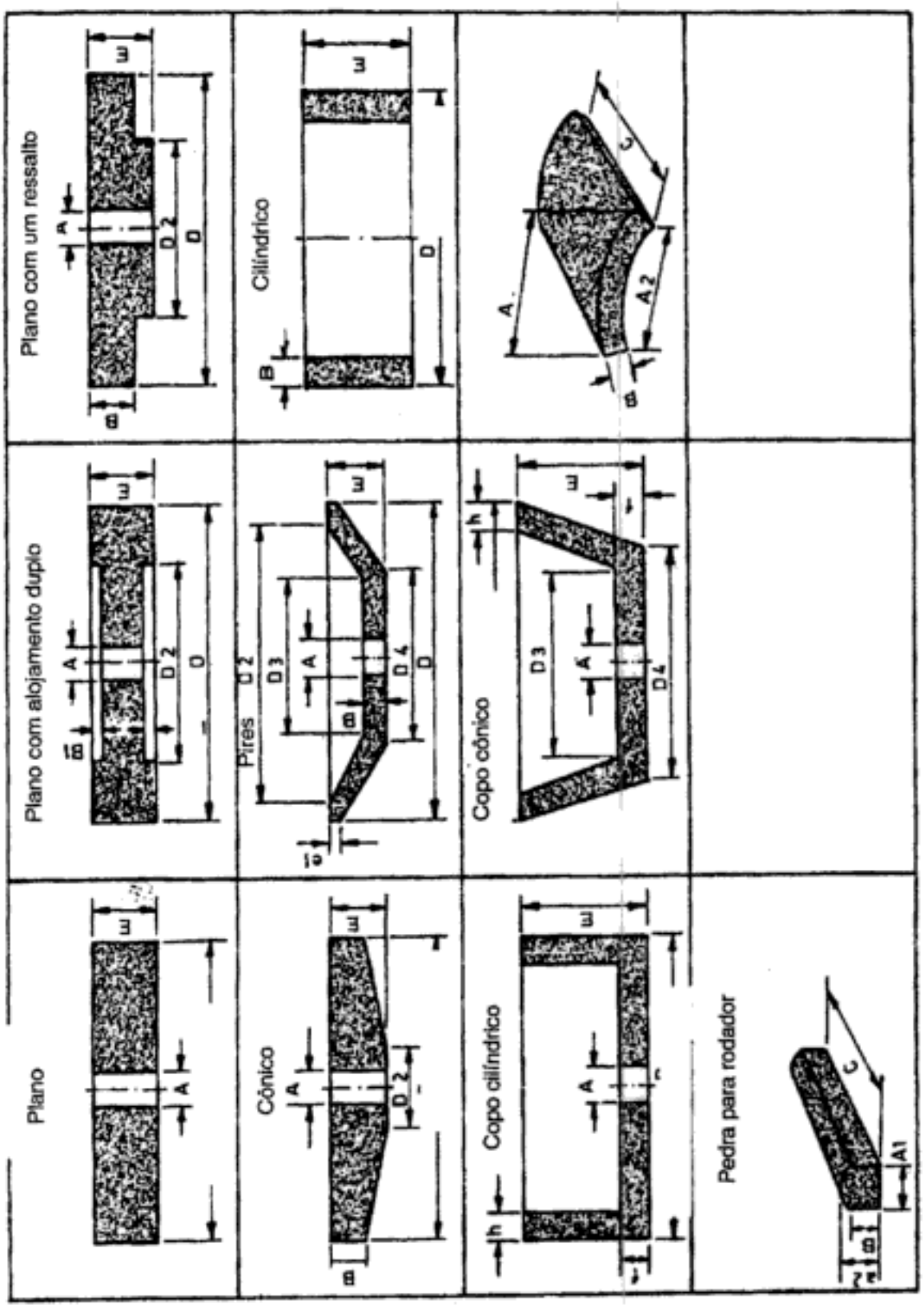
Tabela 11.9

Velocidades de corte para rebolos de diamante

METÁLICOS REFRIGERADOS		RESINÓIDES REFRIGERADOS		RESINÓIDES A SECO	
DIÂM. (mm)	RPM	DIÂM. (mm)	RPM	DIÂM. (mm)	RPM
50	7.600 a 9.500	50	5.700 a 7.600	50	3.800 a 5.700
75	5.100 a 6.400	75	3.800 a 5.100	75	2.600 a 3.800
100	3.800 a 4.700	100	2.800 a 3.800	100	1.900 a 2.800
125	3.000 a 3.800	125	2.300 a 3.000	125	1.500 a 2.300
150	2.600 a 3.200	150	1.900 a 2.600	150	1.300 a 1.900
175	2.100 a 2.700	175	1.600 a 2.100	175	1.100 a 1.650
200	1.900 a 2.400	200	1.400 a 1.900	200	950 a 1.450
250	1.500 a 1.900	250	1.200 a 1.500	250	780 a 1.200

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 11.11

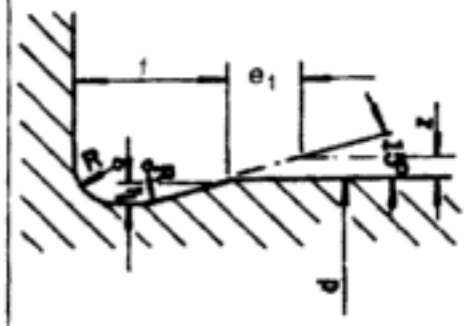


Material chroniony prawem autorskim

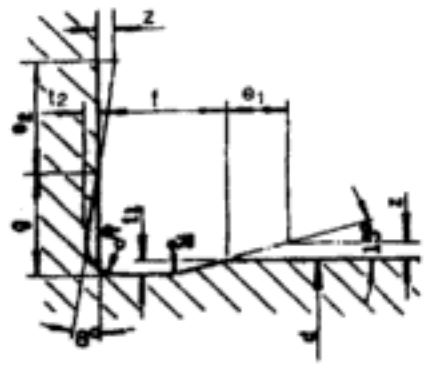
Tabela 11.12 — Saída de Rebolos

Rebaixo para saída de rebolo DIN 509

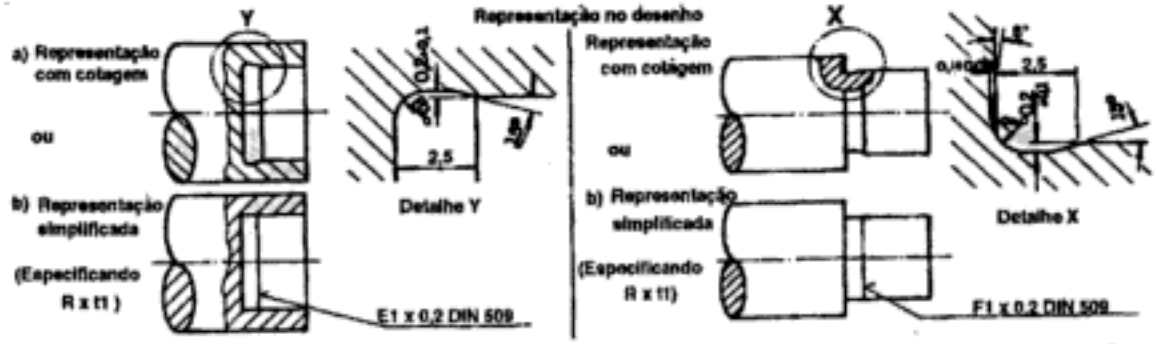
Tipo E



Com maior resistência à fadiga		Com esforço usual							Tipo F
d		d		R	t_1 +0,1	f	g ≈	t_2 +0,05	
acima	até	acima	até						
Não reformável			1,6	0,1	0,1	0,5	0,8	0,1	
		1,6	3	0,2	0,1	1	0,9	0,1	
		3	10	0,4	0,2	2	1,1	0,1	
Reformável		10	18	0,6	0,2	2	1,4	0,1	
		18	80	0,6	0,3	2,5	2,1	0,2	
		acima	80	1	0,4	4	3,2	0,3	
18	50	Reformável		1	0,2	2,5	1,8	0,1	
50	80			1,6	0,3	4	3,1	0,2	
80	125			2,5	0,4	5	4,8	0,3	
acima	125			4	0,5	7	6,4	0,3	



Sobremetal													
	z	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	10
	e_1	0,37	0,56	0,75	0,93	1,12	1,49	1,87	2,24	2,61	2,99	3,36	3,73
	e_2	0,71	1,07	1,42	1,78	2,14	2,85	3,56	4,27	4,98	5,69	6,40	7,12



Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 12

Elementos práticos de mecânica

Uso correto das serras

Na produção moderna, seja em série, em linha ou em massa, torna-se cada vez mais uma necessidade o emprego adequado da serra em relação à natureza e à dimensão do material.

É que a substituição da serra manual, em trabalhos esparsos, pela serra mecanizada em trabalhos em série, obriga que se faça, de acordo com a técnica, o correto emprego da serra, sempre que se vai cortar vários pedaços do mesmo material.

Quando se trata de serrar uma ou duas peças, a diferença de um minuto a mais, pelo emprego inadequado da serra, não faz diferença.

Mas na moderna produção em série, o tempo de 1 minuto a menos em uma peça multiplicado por milhões representa várias horas ou vários dias de trabalho com centenas de peças serradas a mais.

Torna-se, então, uma necessidade saber dispor a serra conforme o material, sua dimensão etc.

Como regra geral, deve-se observar o seguinte:

Peças de paredes finas como chapas, canos, tubos, perfis delgados, usar serra de dentes finos.
Peças de paredes grossas ou blocos maciços grandes, usar serra de dentes grossos.

Materiał chroniony prawem autorskim

Convém saber que as serras de origem norte-americana são classificadas pelo número de dentes por polegada, a que se dá o nome de "Pitch" ("passo", em Português).

ASSIM, QUANTO MAIOR O "PITCH",
TANTO MAIS FINOS OS DENTES.

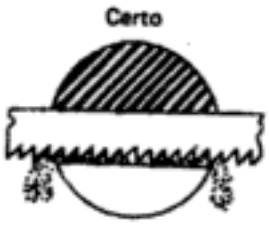


Fig. 12.1

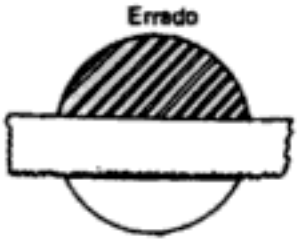


Fig. 12.2

A cada passada da serra há um arrasto do cavaco ou pó de serra, trazido entre o próprio vão dos dentes. A serra trabalha livremente. A serragem, tendo meios de sair por entre os dentes, não segura o movimento da serra.

Sendo o vão entre os dentes muito pequeno, não oferece espaço suficiente para a saída da serragem ou cavaco. Não saindo a serragem convenientemente, trava, freia ou segura o movimento da serra.



Fig. 12.3



Fig. 12.4

Observe a desproporção entre os dentes da serra muito grande em relação às paredes finas do material a ser serrado. Além de estragar os dentes, deforma o material com o impacto dos dentes da serra. A regra é caberem 3 dentes, pelo menos, na parede do material ou na espessura da chapa, como mostra a figura da direita.

Para material macio e de grandes superfícies, use serra de 14 polegadas.

Material chroniony prawem autorskim

Se o material tiver grande superfície, mas for duro, como por exemplo os aços duros, use serra com 18 dentes por polegada.



Fig. 12.5

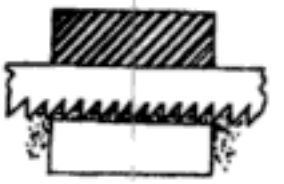


Fig. 12.6

No caso de perfis T, U, L, material de latão, cobre, tubos e chapas grossas, use serras de 24 dentes por polegada.

Para materiais finos como tubos, canos, chapas finas, use serras de 32 dentes por polegada.



Fig. 12.7



Fig. 12.8

A trava da serra

Os dentes de uma serra devem ser travados de sorte que a largura do corte seja maior que a própria espessura da lâmina para dar livre trânsito à serra.

Tabela 12.1

Lubrificação no Ato de Serrar	
MATERIAIS	**LUBRIFICANTES**
Aço	água com óleo solúvel
Latão	água com óleo solúvel
Alumínio	querosene
Ferro fundido	a seco
Bronze	a seco
Cobre	água com óleo solúvel

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.2
Uso correto das serras de acordo com o material a ser serrado

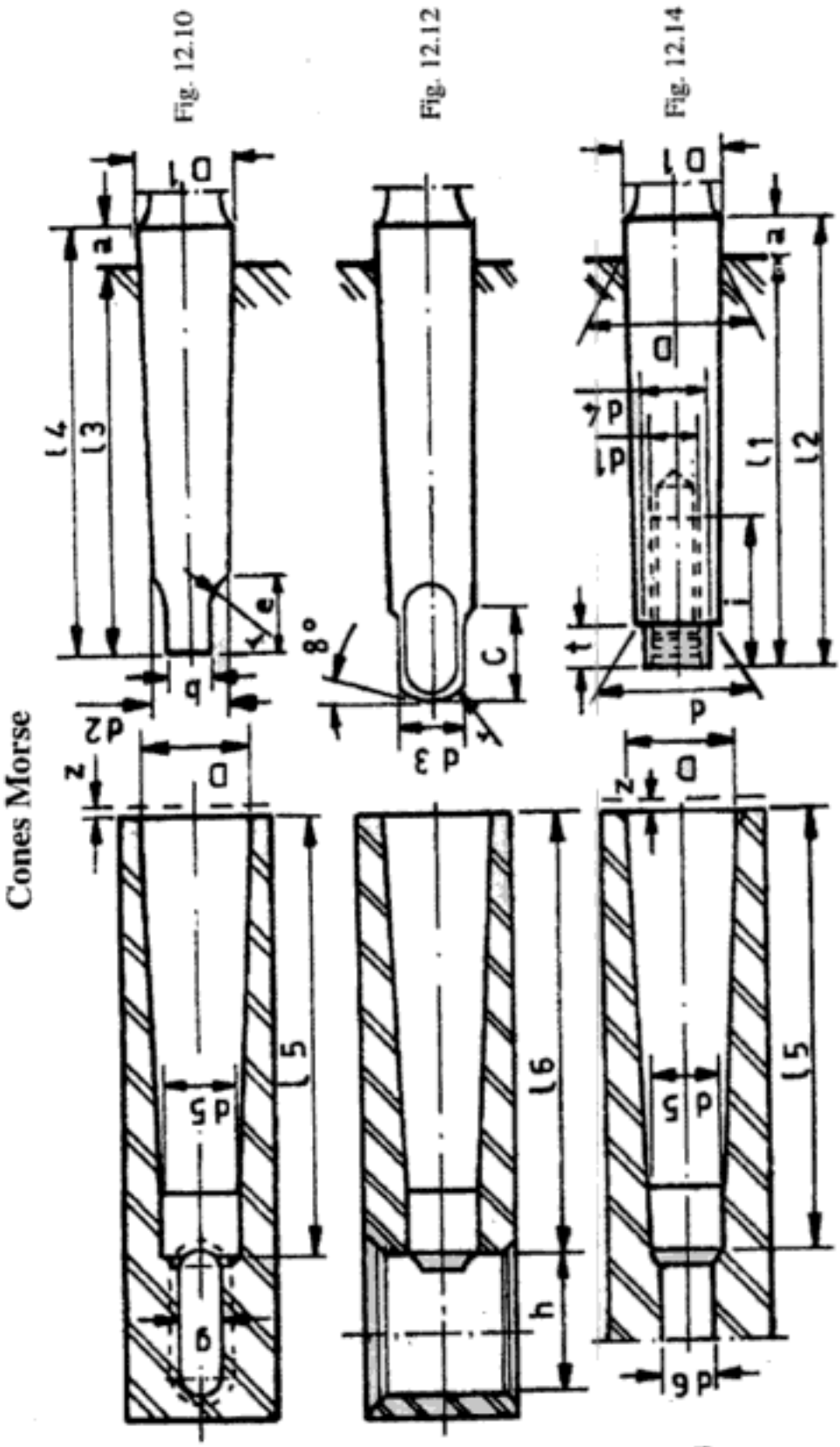
Material a ser serrado	a mão dentes por "	Serras motorizadas		pressão em libras
		dentes por "	passadas p/ min	
Aço de ferramenta	18	4-6-10	90	120
Aço de construção	19	6-10	135	120
Canos de aço	24	14	135	60
Canos de ferro	24	10-14	135	120
Aço rápido	18	6-10	90	120
Aço laminado	18	4-6	135	150
Cobre	14	6-10	135	120
Ferro fundido	18	6-10	135	120
Tubos de bronze	24	14	135	60
Bronze duro	18	6-10	135	60
Bronze macio	18	6-10	135-150	60
Alumínio	14	4-6	135-150	60

Tabela 12.3
Uso das serras

Nº de dentes por polegada	Materiais
14	Aço de máquina
	Aço de construção
18	Alumínio
	Metal Babbitt
	Aço de ferramenta
	Aço alta velocidade
	Aço fundido
24	Tubo
	Bronze
	Cobre
	Folha de metal (acima nº 18)
32	Tubos pequenos
	Conduítes
	Folhas de metal (abaixo nº 18)

Material chroniony prawem autorskim

Cones Morse



Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.4

Cones "Morse"

Cones Exteriores (Macho)

N	D	D1	d	d1(1)	d2	d3	d4	L1	L2	L3	L4	b	c	e	i	R	r	t	a máx.
0	9,045	9,212	6,401	—	6,115	5,9	5,5	50,8	54	56,3	59,5	3,9	6,4	10,4	—	4	1	2,5	3,2
1	12,065	12,239	9,371	M6	8,973	8,7	8	54	57,5	62	65,6	5,2	9,5	14,5	15	6	1,25	3	3,5
2	17,781	17,931	14,554	M10	14,060	13,6	13	65	69	74,5	78,5	6,3	11,5	17,1	24	6	1,5	4	4,0
3	23,826	24,052	19,760	M12	19,133	18,6	18	81	85,6	93,6	98,0	7,9	14,3	21,3	30	7	2	4	4,5
4	31,259	31,544	25,909	M16 5/8"	25,156	24,6	24	103,2	108,5	117,7	123,0	11,9	15,9	24,9	35	9	2,5	5	5,3
5	44,401	44,732	37,470	M20 3/4"	35,549	36,7	35	131,7	138	149,2	156,5	15,9	19,0	30,0	40	11	3	6	6,3
6	63,350	63,8	53,762	M24 1"	52,427	51,3	50	183,1	192	209,6	217,5	19	28,6	45,6	60	17	4	7	7,0

(1) Roscas Métricas DIN-13 Whitworth DIN-12

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.4 (continuação)

Cones Interiores (Fêmea)

Nº	D	d5	d6	L5	L6	g	h	z
6	63,350	54,8	27	187,4	172	19,3	47,6	2
80	80	71,4	33	200	186	26,3	52	2
100	100	89,9	39	237	220	32,3	60	2
120	120	108,4	39	274	254	38,3	68	2
140	140	126,9	—	310	296	44,3	76	—
160	160	145,4	52	374	321	50,3	84	3
180	180	163,9	—	384	355	56,3	92	—
200	200	182,4	52	420	388	62,3	100	3

Cones Morse Normas DIN-231

Tabela 12.5

Conicidades

Nº	%	Proporcional	Graus
0	5,205	1:19,212	1°29'26"
1	4,988	1:20,048	1°25'43"
2	4,995	1:20,020	1°25'50"
3	5,020	1:19,922	1°26'14"
4	5,194	1:19,254	1°29'14"
5	5,263	1:19,002	1°30'30"
6	5,124	1:19,180	1°29'34"

Para achar a % de conicidade

$$\text{Porcentagem de Conicidade} = \frac{D-d}{l} \times 100$$

Sendo: D = Diâmetro maior
d = Diâmetro menor
l = Comprimento da parte cônica em 100 mm

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.6

Tabela de % de conicidade para a metade dos ângulos

% de Conicidade	1/2 do Ângulo	% de Conicidade	1/2 do Ângulo
1	0°, 17' 10"	8	2° 17' 30"
2	0°, 34' 23"	10	2° 51' 45"
3	0°, 51' 30"	12	3° 26' 00"
4	1° 8' 40"	15	4° 17' 20"
5	1° 25' 56"	16	4° 34' 30"
6	1° 43' 10"	18	5° 8' 30"
6,25	1° 47' 20"	20	5° 42' 30"

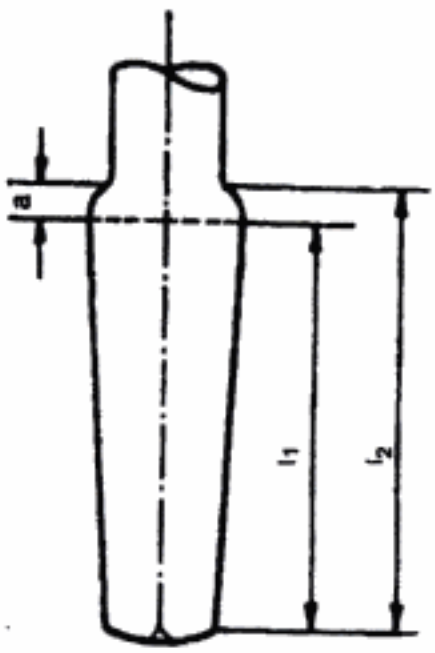
As porcentagens de conicidade são normalizadas em 1%, 2%, 5%, 10% e 20%. Acima de 20% as conicidades são indicadas em graus.

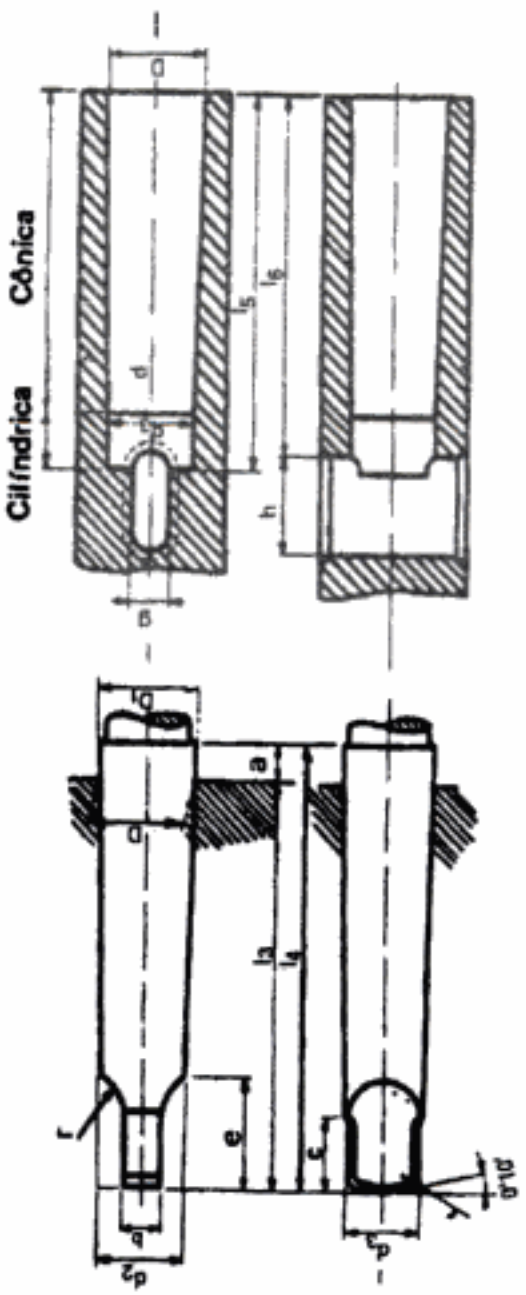
Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 12.7 (continuação)

Cones métricos (DIN 223)

Conicidade 1 : 20 = 0,05 **Graduado no torno 1°25'56"**





Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 12.8

Parafusos tipo ALLEN com Cabeça e Sextavado Interno

Séries	Diâmetro do parafuso	Filetes por polegada		Séries em polegadas Norma ASA B 18, 3 – 1954 Norma ASA B 1. 1 – 1960					Broca		Broca para Macho		Alargador B1
		NC	NF	A	B	H	W	B1	H1	A1	NC	NF	
1960	Nº 4	40	48	.112	.183	.112	3/32			31	2,3	42	13/64
	.112										mm		
1954	Nº 5												
1960	1/8	40	44	1/8	.205	1/8	3/32			9/64	37	37	7/32
1960	Nº 6												
	.136	32	40	.138	29/128	.138	7/64			23	33	32	15/64
	Nº 8											3,5	
1960	21/128	32	36	21/128	.270	21/128	9/64			15	29	mm	9/32
1954	Nº10												
1960	.190	24	32	.190	5/16	3/16	5/32			5	24	20	21/64
1954												5,5	
1960	1/4	20	28	1/4	3/8	1/4	3/16	10	8	17/64	6	mm	13/32
1954	5/16	18	24	5/16	7/16	5/16	7/32	12	9	21/64	G	1	15/32
1960	5/16	18	24	5/16	15/32	5/16	1/4	12,3		21/64	G	1	1/2
1954												8,6	
1960	3/8	16	24	3/8	9/16	3/8	5/16	14,5		25/64	0	mm	19/32
1954	7/16	14	20	7/16	5/8	7/16	5/16	16,5	11	29/64	9,4	25/64	21/23
									12		mm		
1960	7/16	14	20	7/16	21/32	7/16	3/8	17,0		29/64	9,4	25/64	11/16
											mm		
1954	1/2	13	20	1/2	3/4	1/2	3/8	19,5	14	33/64	27/64	11,5	25/32
1960												mm	
1954	5/8	11	18	5/8	7/8	5/8	1/2	23	17	41/64	17/32	14,5	29/32
												mm	
1960	5/8	11	18	5/8	15/16	5/8	1/2	24,2		41/64	17/32	14,5	1
												mm	
1954	3/4	10	16	3/4	1	3/4	9/16	26	20	49/64	21/32	17,5	1 1/32
												mm	
1960	3/4	10	16	3/4	1 1/8	3/4	5/8	29		49/64	21/32	17,5	1 3/16
												mm	
1954	7/8	9	14	7/8	1 1/8	7/8	9/16	29	23	57/64	49/64	20,5	1 3/8
												mm	
1960	7/8	9	14	7/8	15/16	3/4	3/4	34		57/64	49/64	20,5	1 3/8
												mm	
1954	1	8	14	1	15/16	1	5/8	34	27	11/64	7/8	23,5	1 3/8
												mm	
1960	1	8	14	1	1 1/2	1	3/4			11/64	7/8	23,5	1 9/16
												mm	

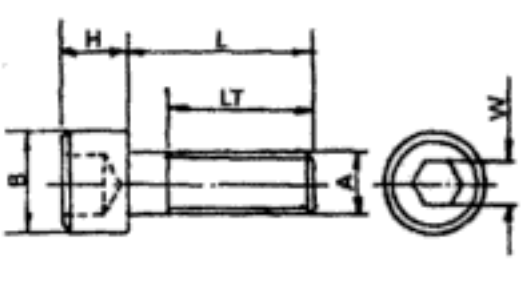


Fig. 12.15

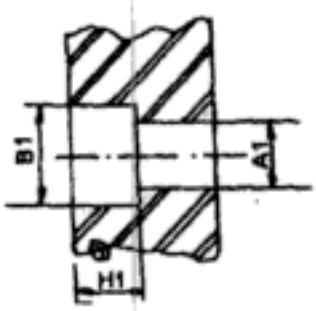


Fig. 12.16

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.9

Comprimento do Corpo do Parafuso em Polegadas — Série 1954

Nº 10	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6
Comprimento da parte rosqueada																				
1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1	1	1	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 1/2						
5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4					
3/8		1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2		
7/16		1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2				
1/2		1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
5/8						1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
3/4						1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2	2	2	2	2	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
7/8										2	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
1										2	2 1/4	2 1/4	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 3/4	3

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.11

Asa B18.3 parafusos tipo ALLEN sem cabeça e com sextavado interno

Diâmetro da rosca do parafuso D	4 .1120		5 1/8		6 .1380		8 .1640		10 .1900		1/4		5/16		3/8		7/16		1/2		5/8		3/4		7/8		1"	
Máx. torque em L.B.S.									26		62		122		198		309		460		1106		1540		1660		5025	
Sextavado V	.050		1/16		1/16		5/64		3/32		1/8		5/32		3/16		7/32		1/4		5/16		3/8		1/2		9/16	
Diâmetro da ponta C	.061		.067		.074		.087		.102		17/128		17/64		13/64		15/64		9/32		23/64		7/16		33/64		39/64	
Nº de fios por polegada NC NF	NC 40	NF 48	40	44	32	40	32	36	24	32	20	28	18	24	16	24	14	20	13	20	11	18	10	16	9	14	NC 8	NF 14
Broca para o macho	2,3 mm	42	37	37	33	32	29	3,5 mm	24	20	6	5,5 mm	G	I	O	8,6 mm	9,4 mm	25/64	27/64	1/2	17/32	14,5 mm	49/64	17,5 mm	49/64	20,5 mm	7/8	23,5 mm
Comprimento L	3/16	1/4	5/16		3/8		7/16		1/2		5/8		3/4		7/8		1"		1 1/4		1 1/2		1 3/4		2"		2 1/4	
	2 1/2	3"																										

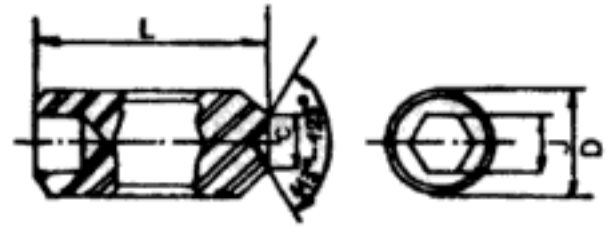


Fig. 12.17

Tabela 12.12

(Série em mm, ver tabela 14.4)		Diâmetro do parafuso e passo da rosca em mm															
M5×0,8	M6×1	M8×1,25		M10×1,5		M12×1,75		M14×2		M16×2							
2,5	3	4		5		6		6		8		Sextavado J					
Comprimento L em mm		5	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80

Material chroniony prawem autorskim

Cones "Standard Americano"

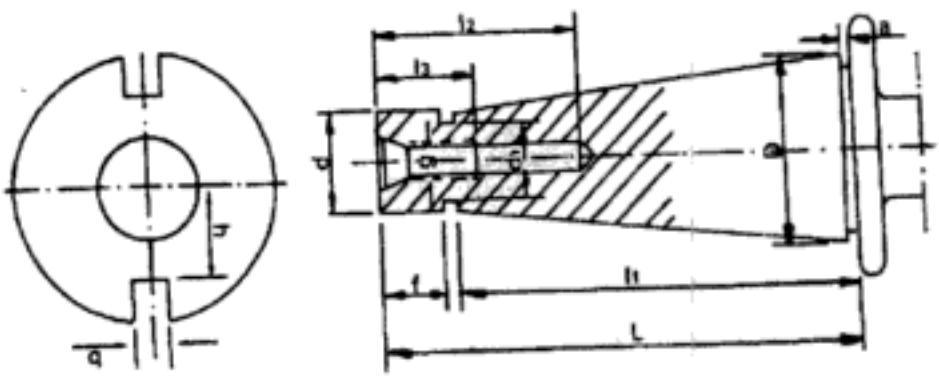


Fig. 12.18

Conicidade = 7/24 – 29,16% (aprox.)
Ângulo = 8°17'45"
(1/2 ou um lado do cone)

Tabela 12.13

Dimensões dos cones "Standard Americano"

Cota	D	d	d^1	L (máx.)	1^1	1^2	1^3	a	b	h	g	f
nº 30 (1"1/4)	31,75	17,7	16	70	50	50	24	1,6	15,9	16	12	3
nº 40 (1"3/4)	44,45	25,32	24	95	67	60	30	1,6	15,9	22,5	16	5
nº 45 (2"1/4)	58	31,5	30	118	88	60	30	2	20	29	16	5
nº 50 (2"3/4)	69,85	39,6	38	130	102	90	45	3,2	25,4	35	24	8

n = nº de voltas por minuto da polia motora (Rpm)

n^1 = nº de voltas por minuto da polia movida

d = diâmetro da polia movida

D = diâmetro da polia motora

Material chroniony prawem autorskim

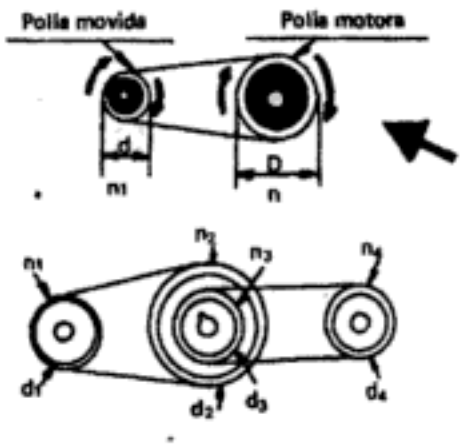
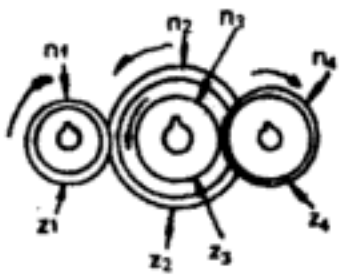


Fig. 12.19

$$\frac{n}{n^1} = \frac{d}{D} \quad n \times D = n^1 \times d$$

$$n^1 = \frac{n \times D}{d}$$

Atenção: Em todas as transmissões por correias há uma perda de velocidade por patinação, avaliada ao redor de 20% na velocidade da polia movida em relação à polia motora. Nas máquinas mais usadas e com correias folgadas essa porcentagem de perda é maior.



z^1 = nº de dentes da engrenagem motora.

z^2 = nº de dentes da engrenagem movida.

n^1 = nº de voltas (Rpm) da engrenagem motora.

n^2 = nº de voltas da engrenagem movida.

Fig. 12.20

ENGRENAGENS

$$z^1 \times n^1 = n^2 \times z^2$$

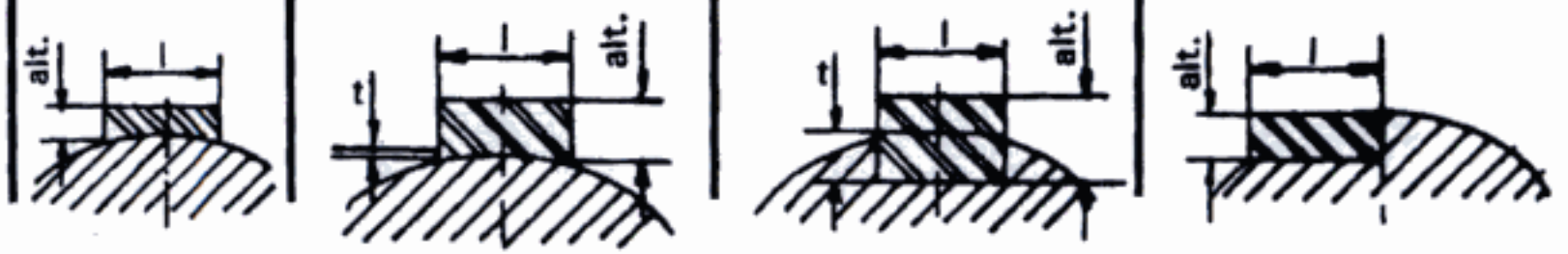
$$n^2 = \frac{n^1 \times z^1}{z^2}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 12.17

Chavetas

Diâmetro do eixo em mm	1°		2°			3°			Diâm. do eixo	4°	
	larg.	alt.	larg.	alt.	t	larg.	alt.	t		larg.	alt.
10 a 12	–	–	–	–	–	4	4	2,5	100	30	10
12 a 17	–	–	–	–	–	5	5	3	110	33	11
17 a 22	–	–	–	–	–	6	6	3,5	120	36	12
22 a 30	8	3	8	4	1	8	7	4	130	39	13
30 a 38	10	3,5	10	5	1,5	10	8	4,5	150	45	15
38 a 44	12	3,5	12	5	1,5	12	8	4,5	160	38	16
44 a 50	14	4	14	5	1	14	9	5	170	51	17
50 a 58	16	5	16	6	1	16	10	5	180	54	18
58 a 68	18	5	18	7	2	18	11	6	190	57	19
68 a 78	20	6	20	8	2	20	12	6	200	60	20
78 a 92	24	7	24	9	2	24	14	7	210	63	21
92 a 110	28	8	28	10	2	28	16	8	220	66	22
110 a 130	32	9	32	11	2	32	18	9	230	69	23
130 a 150	36	10	36	13	2	36	20	10	240	72	24
150 a 170	–	–	–	–	–	40	22	11	–	–	–
170 a 200	–	–	–	–	–	45	25	13	–	–	–



Material chroniony prawem autorskim

Borboletas

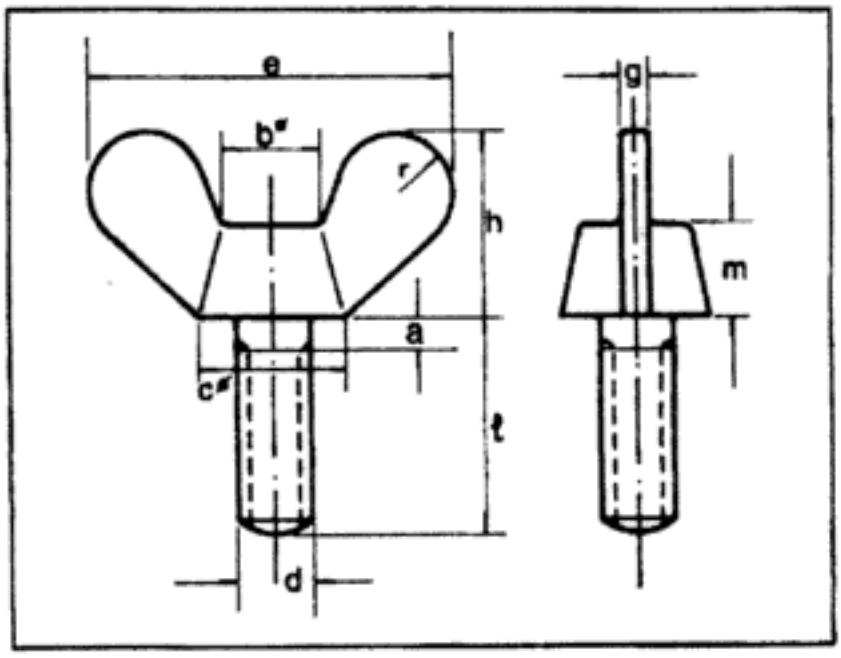


Fig. 12.29

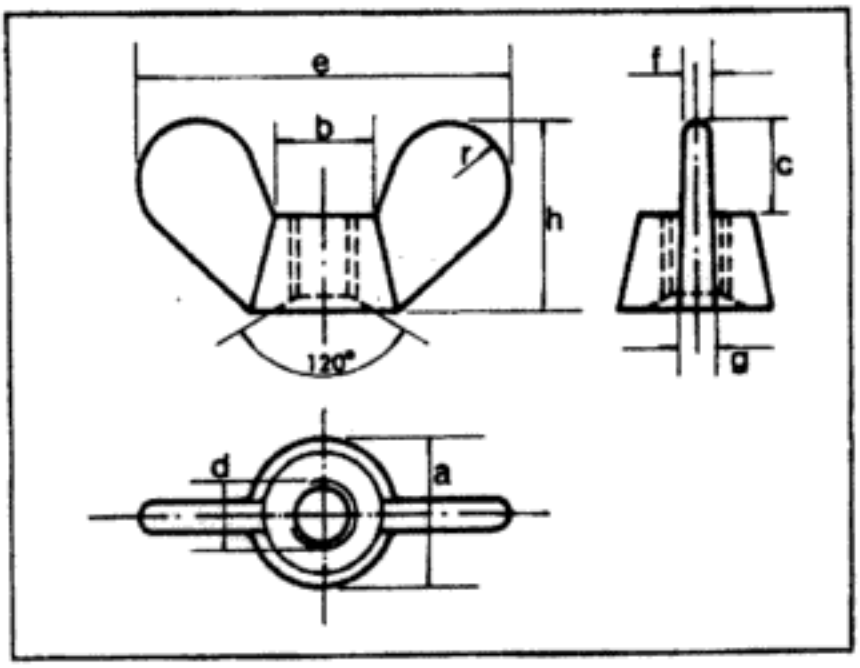


Fig. 12.30

Materiał chroniony prawem autorskim

Comprimento *C* dos rebites

C = comprimento; *e* = espessura da junção das chapas; *d* = diâmetro do furo.

Na construção de aços	$C = 1{,}2 \times e + d$
Caldeiras até 54 mm de *e*	$C = 1{,}5 \times e + d$

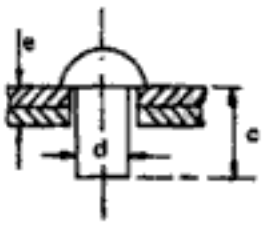


Fig. 12.31

C é a medida abaixo da cabeça. O diâmetro *d* do furo deve ter de 1/32 a 1/16 de polegada maior do que o rebite (cerca de – 0,8 a 1,6 mm maior).

Tabela 12.19
Dimensões dos rebites (DIN e ASME)

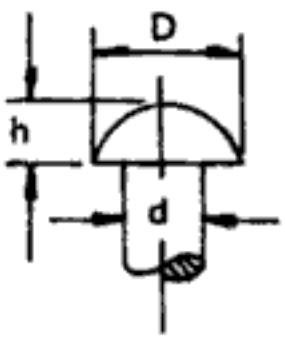


Fig. 12.32
Cabeça redonda

$D = 1{,}75 \times D$
$h = 0{,}75 \times d$ (ASME)
$h = 0{,}6 \times d$ (DIN)

d = 1 1,4 1,7
2 2,6 3 3,5
4 56 7 8 9

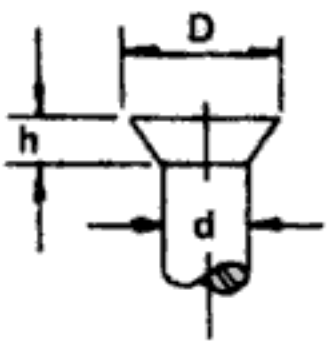


Fig. 12.33
Cabeça embutida

$D = 1{,}75 \times d$ (DIN)
$D = 1{,}7 \times d$ (ASME)
$h = 0{,}5 \times d$ (DIN)
$h = 0{,}45 \times d$ (ASME)

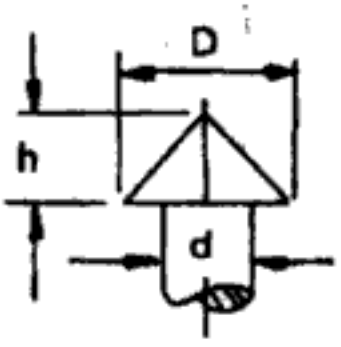


Fig. 12.34
Cabeça cônica

$D = 2 \times d$ (ASME)
$H = d$ (ASME)

indicação DIN
ϕ C
16 × 38
(Rebite redondo)

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.20

Conheça os tipos de graxas e saiba como usá-las

Tipos à base de:	Qualidades recomendadas para	Recomendações
Cálcio	Peças em contato com água ou umidade	Não use para altas rotações e nem temperaturas altas.
Complexo de Cálcio	Não sendo estabilizado com água, resiste a temperatura mais alta.	Tolera lubrificação excesisva.
Cálcio com aditivo de sabão de chumbo	Rolamentos em que a água pode penetrar ou que trabalham sob umidade.	Aderindo fortemente à superfície dos metais, a água fica impedida de entrar em contato com o metal.
Sódio	Peças que trabalham até 180°C. Bom poder de coesão. Altas velocidades com temperaturas e cargas.	Não use em lugares úmidos. Elas se dissolvem.
Alumínio	Semelhante às de cálcio. Protegem contra a oxidação. Boa aderência às partes metálicas, protegendo contra a ferrugem.	Não use em lugares úmidos. Elas se dissolvem, embora menos que as de sódio.
Lítio	Tipo de graxa de aplicação múltipla, reunindo várias qualidades das graxas anteriores. Insolúvel na água. Grande estabilidade. Elevado ponto de gota a 18°C. Substitui bem as graxas anteriores. Admite altas velocidades, boas cargas e temperaturas elevadas.	Preço mais elevado. Não tolera excesso de lubrificação. Junto com base de chumbo, melhora para altas cargas unitárias. **Atenção:** Nas caixas de rolamento preencher com graxas somente 1/3 do espaço.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.20 (continuação)

Silicone	Para rolamentos que trabalham com alta temperatura, porém com velocidade baixa e carga moderada.	Boa resistência a temperaturas. Menos poder de lubrificação do que as graxas de óleo mineral.
Produtos asfálticos com ou sem solventes	Para engrenagens a descoberto.	Preferir os que usam solventes. Estes, evaporando, deixam uma camada fina e regular. Acrescentando a grafita em pó fino, quando ainda em estado líquido, o rendimento é bastante aumentado.

Atenção: Se as temperaturas de trabalho forem altas, as graxas são destruídas mais depressa.

Atenção: Ao proceder à lubrificação, é conveniente remover a graxa velha.

Atenção: Nunca encha totalmente o espaço para lubrificação das caixas de rolamento. É prejudicial. Preencha até a metade. Se a graxa for o lítio, pode pôr até um terço do espaço.

Penetração: é a medida de consistência das graxas. A consistência é indicada pela escala NLGI (*National Lubricating Grease Institute*).
O grau 2 de consistência em geral é o mais adequado para rolamentos em geral.
O grau 3 de consistência, sendo graxa mais dura, deve ser empregado para rolamentos sujeitos a forte trepidação.
Em princípio, deve-se evitar a mistura de graxas diferentes porque, alterando a qualidade da graxa, pode fazê-la escorrer por amolecimento.

Materiał chroniony prawem autorskim

Como e quando usar os fluidos de corte nas ferramentas das máquinas operatrizes

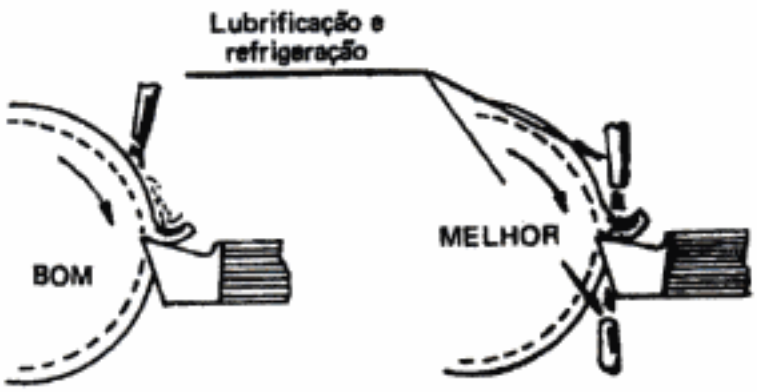


Fig. 12.35
No lado direito, maior refrigeração e durabilidade da ferramenta no torno.

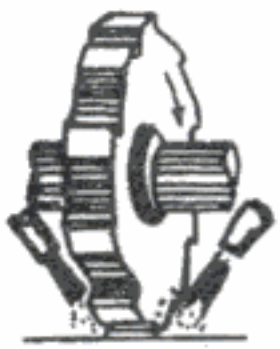


Fig. 12.36
Na fresa, convém efetuar pelos dois lados.

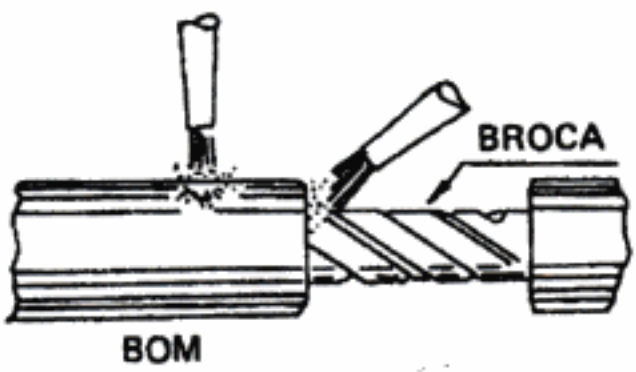


Fig. 12.37
Obtém-se menor aquecimento e durabilidade da broca quando a refrigeração se efetua também na peça.

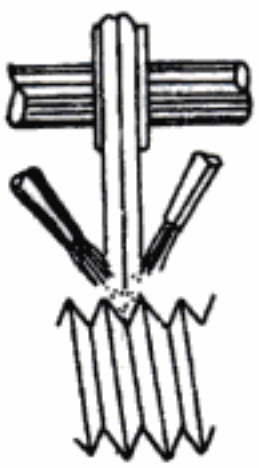


Fig. 12.38

Para abrandar o aquecimento, evitar o recozimento ou obter maior duração e maior rendimento da ponta da ferramenta, usa-se a refrigeração, que deve atingir a ponta da mesma. Os refrigerantes variam conforme o material a ser usinado, o tipo da ferramenta e a natureza do trabalho (alisar, sangrar).

Para uma orientação de ordem geral bastante útil, temos:

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.21

Refrigerantes

Material a ser usinado	Tipos de operaçfão		Abertura de rosca
	desbaste	**acabamento**	
Aço baixa dureza	óleo solúvel	óleo solúvel	óleo solúvel
Aço duro	óleo sol. grosso	óleo solúvel	óleo solúvel
Aço extraduro	óleo sol. grosso	óleo mineral	óleo de corte
Ferro fundido	a seco	a seco	a seco
Metais macios	a seco/óleo sol.	a seco/óleo sol.	a seco/óleo solúvel
Cobre-Bronze	a seco/óleo sol.	a seco/óleo sol.	óleo parafinado
Latão			
Alumínio	a seco/óleo sol.	a seco/óleo sol.	querosene
Ligas de Alumínio	óleo solúvel	óleo solúvel	querosene/óleo sol.
Ligas de Magnésio	a seco	a seco	a seco
Bronze naval	a seco/óleo sol.	a seco/óleo sol.	óleo parafinado

Exemplo: — Seja fazer o acabamento em peças de aço extraduro. Procuramos na lista de materiais "aço extraduro" seguindo à direita até a coluna de acabamento. Encontramos óleo mineral.

O que é óleo solúvel e como é preparado

Óleo solúvel é uma mistura de água e óleo mineral. Existem dois tipos conforme a aplicação indicada na tabela. O óleo solúvel comum mais usado é o óleo solúvel grosso. O primeiro é largamente empregado, enquanto o óleo solúvel grosso tem seu emprego em casos especiais de material muito duro, como, por exemplo, o indicado pela tabela para o aço extraduro.

Preparação do óleo solúvel comum — Misturar e agitar uma parte de óleo mineral puro com 20 partes de água. Para o óleo solúvel grosso, misturar e agitar uma parte de óleo mineral engraxado com 10 partes de água.

Material chroniony prawem autorskim

Instruções para o uso de refrigerantes e lubrificantes na usinagem das peças

Observe a fita de cavaco tirada pela ferramenta. Se essa fita sai continuamente (pouco rompimento) é porque se trata de um material tenaz e a ação do lubrificante na ponta da ferramenta é importante. Facilita a saída da fita de cavaco e deixa a superfície da peça mais lisa.

Se a fita do cavaco sai quebradiça, a ação do refrigerante, nesse caso, será mais no sentido de refrigerar ou diminuir o calor na ponta da ferramenta, aumentando a vida útil da mesma.

Se você trabalha com uma grande velocidade de corte e profundidade de corte pequena (penetração da ferramenta), então tanto a ferramenta como a peça devem ser refrigeradas. É o caso mais comum das operações de acabamento ou alisamento. Se o caso é contrário (baixa velocidade de corte e grande penetração da ferramenta), o refrigerante deverá ter sua ação mais no sentido de lubrificar (certos casos de desbaste e abertura de rosca, sangrar). (Veja também as figs. 12.37 e 12.38).

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 12.22 Molas Prato

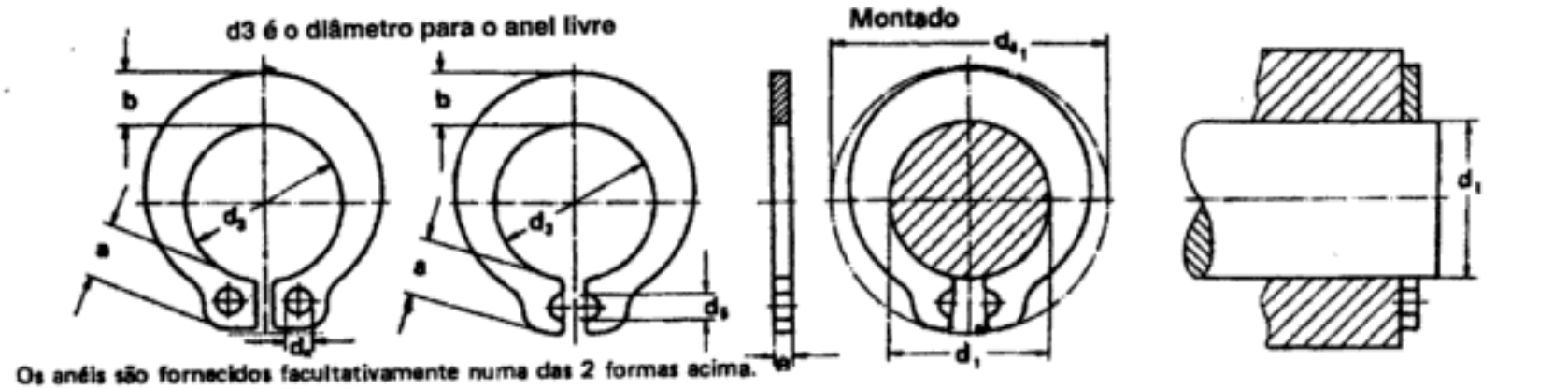
d H12	D h12	MOLAS GROSSAS e	A	f Curso	C Carga em (kgf)	Peso (kg/1000)	MOLAS FINAS e	A	f Curso	C* Carga em (kgf)	Peso (kg/1000)
4,2	8,0	0,40	0,60	0,15	21	0,120	0,30	0,55	0,19	12	0,09
5,2	10,0	0,50	0,75	0,19	34	0,225	0,40	0,70	0,22	21	0,18
6,2	12,5	0,70	1,00	0,22	67	0,504	0,50	0,85	0,26	30	0,36
7,2	14,0	0,80	1,10	0,22	81	0,704	0,50	0,90	0,30	28	0,44
8,2	16,0	0,90	1,25	0,26	103	1,050	0,60	1,05	0,34	42	0,70
9,2	18,0	1,00	1,40	0,30	128	1,471	0,70	1,20	0,37	58	1,03
10,2	20,0	1,10	1,55	0,34	155	1,994	0,80	1,35	0,41	76	1,45
11,2	22,5	1,25	1,75	0,37	195	2,922	0,80	1,45	0,49	72	1,87
12,2	25,0	1,50	2,05	0,41	298	4,367	0,90	1,60	0,52	88	2,62
14,2	28,0	1,50	2,15	0,49	290	5,025	1,00	1,80	0,60	113	3,35
16,3	31,5	1,75	2,45	0,52	398	7,784	1,25	2,15	0,67	194	5,56
18,3	35,5	2,00	2,80	0,60	528	11,360	1,25	2,25	0,75	173	7,10
20,4	40,0	2,25	3,15	0,67	660	16,350	1,50	2,65	0,86	267	10,90
22,4	45,0	2,50	3,50	0,75	790	23,280	1,75	3,05	0,97	372	16,30
25,4	50,0	3,00	4,10	0,82	1220	34,200	2,00	3,40	1,05	485	22,80
28,5	56,0	3,00	4,30	0,87	1150	42,750	2,00	3,60	1,20	452	28,50
31,0	63,0	3,50	4,90	1,05	1530	64,400	2,50	4,25	1,31	730	46,00
36,0	71,0	4,00	5,60	1,20	2100	92,000	2,50	4,50	1,50	690	57,50
41,0	80,0	5,00	6,70	1,28	3500	145,000	3,00	5,30	1,72	1070	87,00
46,0	90,0	5,00	7,00	1,50	3200	182,860	3,50	6,00	1,88	1450	128,00
51,0	100,0	6,00	8,20	1,65	4900	270,860	3,50	6,30	2,10	1330	158,00
57,0	112,0	6,00	8,50	1,88	4500	342,000	4,00	7,20	2,40	1830	228,00
64,0	125,0	8,00	10,60	1,95	8800	563,200	5,00	8,50	2,65	3100	352,00
72,0	140,0	8,00	11,20	2,40	8700	707,200	5,00	9,00	3,00	2850	442,00
82,0	160,0	10,00	13,50	2,60	14000	1.158,300	6,00	10,50	3,40	4200	695,00
92,0	180,0	10,00	14,00	3,00	12800	1.466,700	6,00	11,10	3,80	3800	880,00
102,0	200,0	12,00	16,20	3,15	18700	2.160,000	8,00	13,60	4,20	7800	1.440,00
112,0	225,0	12,00	17,00	3,75	17500	2.790,000	8,00	14,50	4,85	7200	1.860,00
127,0	250,0	14,00	19,00	4,20	25000	3.962,000	10,00	17,00	5,25	12200	2.830,00

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 12.23
Anéis de retenção para eixos lisos

d_1	ANEL							DADOS COMPLEMENTARES		
	e	d_3	Tol.	a máx.	b ≈	d_5 mín.	Peso (kg/1000)	$d4_1$	P (kgf) carga axial	n. máx. (Rpm)
1,5	0,40	1,4	+0,020	1,7	0,7	0,9	0,013	5,1	4,0	350000
2,0	0,60	1,9	±0,020	1,9	1,0	0,9	0,036	6,0	5,0	260000
2,2	0,60	2,05	±0,025	1,9	1,1	0,9	0,038	6,2	5,0	270000
2,5	0,60	2,35	±0,030	1,9	1,2	0,9	0,045	6,5	6,0	220000
2,8	0,60	2,65	±0,035	2,0	1,3	0,9	0,057	7,0	7,0	190000
3,0	0,60	2,85	±0,040	2,1	1,4	0,9	0,065	7,4	7,5	170000
3,5	0,60	3,30	±0,050	2,3	1,6	1,2	0,081	8,3	9,0	150000
4,0	0,80	3,80	±0,060	2,7	1,8	1,2	0,154	9,6	10	125000
4,5	0,80	4,25	±0,060	2,9	2,0	1,3	0,173	10,5	12	120000
5,0	0,80	4,75	±0,075	2,9	2,2	1,3	0,200	11,0	13	100000
5,5	0,80	5,20	±0,075	3,0	2,2	1,3	0,216	11,7	15	90000
6,0	1,00	5,70	±0,075	3,2	2,4	1,4	0,402	12,6	17	81000
7,0	1,00	6,70	±0,090	3,4	2,7	1,4	0,428	14,0	18	63000
8,0	1,00	7,70	±0,090	3,5	3,0	1,4	0,524	15,2	20	52000
9,0	1,20	8,65	±0,090	4,7	3,3	2,0	0,808	18,6	23	46000
10,0	1,20	9,65	±0,090	4,7	3,5	2,0	0,944	19,6	25	39000
10,5	1,20	10,20	±0,110	4,0	3,8	1,5	1,100	18,7	26	34000
11,0	1,20	10,60	±0,110	4,8	4,2	2,0	1,208	20,8	28	37000
12,0	1,20	11,60	±0,110	4,8	4,6	2,0	1,454	21,8	30	33000
13,0	1,20	12,55	±0,110	5,3	5,0	2,0	1,750	23,8	32	31000
13,8	1,50	13,30	±0,110	5,1	5,4	2,2	2,492	24,8	35	30000
14,0	1,50	13,50	±0,110	5,1	5,4	2,2	2,456	25,0	35	29000
15,0	1,50	14,50	±0,110	5,1	5,6	2,2	2,716	26,4	40	26000
16,0	1,50	15,40	±0,110	5,6	5,8	2,5	2,940	27,8	50	26000
17,0	1,75	16,35	±0,110	6,0	6,2	2,5	4,010	29,6	60	24000
18,0	1,75	17,30	±0,110	6,1	6,6	2,5	4,460	31,4	70	23000
20,0	1,75	19,30	±0,130	6,1	7,1	2,5	5,270	34,4	70	20000
22,0	1,75	21,20	±0,130	6,6	7,4	2,5	6,060	37,0	75	18000
24,0	1,75	23,15	±0,130	6,6	7,8	2,5	7,000	39,8	75	16000
26,0	1,75	24,15	±0,130	6,6	8,2	2,5	7,450	41,6	75	15000

Material chroniony prawem autorskim



Material: Aço mola, beneficiado, super-tenaz
Acabamento: Fosfatizado.

Exemplo de aplicação de anéis de retenção.
Além de custar menos que a fixação convencional com cupilhas, os anéis podem ser encostados totalmente, evitando ruídos — não têm saliências agudas e são mais estéticos.

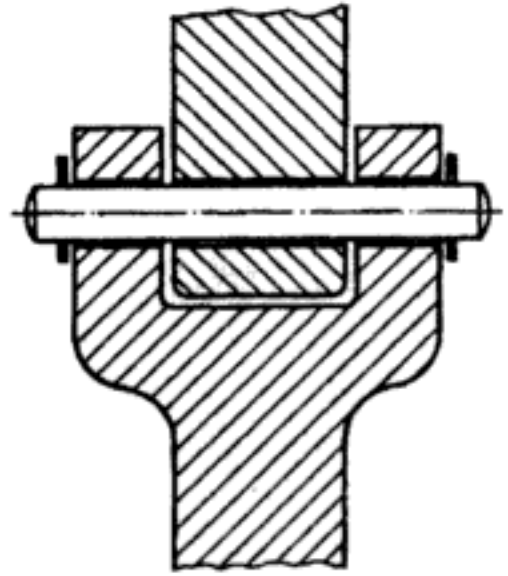


Fig. 12.41 — Anéis de retenção para eixos lisos

Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 13

Ferramentaria

Como calcular o esforço necessário para o trabalho de corte no estampo e na prensa

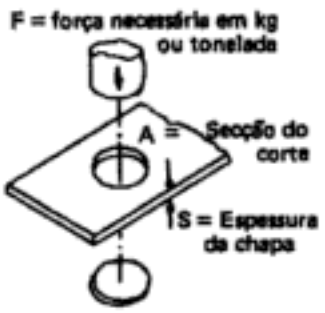


Fig. 13.1

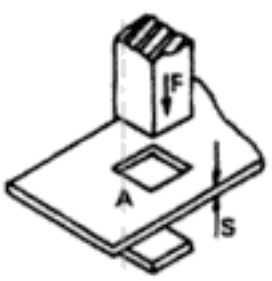


Fig. 13.2

Este cálculo, além de necessário na elaboração dos estampos, torna-se útil na racionalização de uma ferramentaria ao distribuir os trabalhos de acordo com a capacidade das prensas.

Precisamos dos seguintes dados:

1) Perímetro (comprimento total) da parte a ser cortada em cada batida da prensa.

2) Espessura (grossura) em mm da chapa.

3) Resistência ao cisalhamento do material (tabela 13.1), que varia conforme o material e a sua espessura.

Material chroniony prawem autorskim

O resultado é obtido em quilogramas (kg), que podemos converter em pressão em libras (1 libra = 453 g) ou em toneladas.

Vejamos um exemplo:

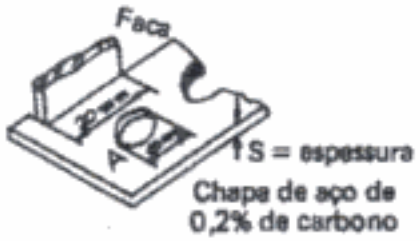


Fig. 13.3

Calcular o esforço de corte para a peça da figura acima.

1) Vamos calcular o perímetro (comprimento do corte):

Faca = 20,0 mm
Furo = 10 mm de diâmetro × 3,14 = 31,4 mm

Total do perímetro = 51,4 mm

2) Determinamos a seção ou superfície do corte. Para isso multiplicamos a medida do perímetro pela espessura da chapa em mm. Então:

Secção do Corte A em mm^2	=	Perímetro do corte	×	Espessura da chapaem mm

Secção do corte A = 51,4 mm × 1,5 mm = 77,1 mm^2

3) Vamos, agora, multiplicar a secção do corte pelo valor da resistência ao cisalhamento. A tabela 13.1 nos indica para a chapa de 0,2% de carbono 32 a 40. Tomamos um número intermediário, por exemplo 35. Então:

Força para cortar	=	Secção do corte	×	resistênciaao cisalhamento

Força F = 77,1 mm^2 × 35 = 2.698,5 kg.

Material chroniony prawem autorskim

Para esclarecer, vamos dar um exemplo: Diâmetro do disco da peça, 250 mm. Determinar os diâmetros que se podem obter em cada passagem. Explicação: Procuramos o nº 250 na parte inferior do quadro. Seguimos na vertical até encontrar a linha inclinada marcada com o nº 1. Aí seguimos para a horizontal, para a esquerda. No nosso exemplo, o gráfico tem a linha escura mais forte. No lado esquerdo encontramos o nº 138 que corresponde ao diâmetro da peça embutida já na 1ª passagem. Com o nº 138 voltamos à parte inferior do quadro e subimos até encontrar a linha inclinada nº 2. No cruzamento vamos na horizontal em direção à esquerda até encontrar o nº 104, que corresponde ao diâmetro da segunda passagem, e que no exemplo está assinalado com traços mais fortes. Com o nº 104 voltamos à parte inferior do gráfico, subindo até o cruzamento com a linha inclinada nº 2, de onde tornamos à esquerda até o nº 78 que corresponde à terceira passagem.

Como calcular a pressão de embutimento (repuxo) na estampagem

Precisamos dos seguintes dados:

d = diâmetro do punção de embutidura em mm.
D = diâmetro do disco a ser embutido.
s = espessura da chapa do disco ou material em mm.
Kc = resistência ao cisalhamento do material a ser embutido.
m = relação entre o diâmetro do punção de embutidura d e o diâmetro do disco a ser embutido D, que se obtém na tabela 13.3.

Vejamos um exemplo. Qual o esforço F necessário para embutir uma chapa de 2 mm de espessura com 30 kg/mm^2 de resistência ao cisalhamento, sendo o diâmetro do disco D = 156 mm e d = 94 mm?

1º) Vamos determinar a relação d/D – 94/156 – 0,6.
Na tabela 13.3 encontramos 0,6 = 0,86.
2º) Para achar a pressão de embutidura, temos

$$F = d \times \pi \times s \times Kc \times m$$

$$F = 94 \times 3{,}14 \times 2 \times 30 \times 0{,}6 = 10.625{,}76 \text{ kg}$$

F em kg = 10.625,76 kg

Material chroniony prawem autorskim

Relação entre o diâmetro do punção de embutidura *d*, e o diâmetro do disco a embutir *D*

Tabela 13.3

$\frac{d}{D}$	0,55	0,575	0,6	0,625	0,65	0,675	0,7	0,725	0,75	0,775	0,8
m	1,0	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4

Quanto maior for a diferença entre *d* e *D*, maior será a pressão de embutidura.

Orientação para a folga entre o punção e a matriz no embutimento

$\frac{1}{10}$ ou 20% da espessura da chapa a ser embutida. A folga deve ser dada:

no punção — quando a medida externa da peça não deve ser alterada.
na matriz — quando a medida interna da peça não deve ser modificada.

Orientação para determinar a largura e o passo da tira na estampagem

Materiais que não encolhem: aço, latão, cobre, alumínio.

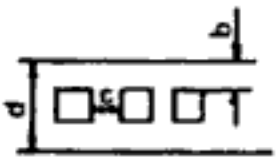


Fig. 13.4

Materiais que encolhem: Fibra, Celeron Pertinax, Nailon, Plásticos.

Tabela 13.4

Espessura do material	*b*	*c*	$d = A + 2 + b$
0,2 a 1,0	1,7	1,0	$A + 3,4$
1,0 a 1,5	2,2	1,5	$A + 4,4$
1,5 a 2,0	2,7	2,0	$A + 5,4$
2,0 a 2,5	3,2	2,5	$A + 6,4$
2,5 a 3,5	4,2	3,5	$A + 8,4$
3,5 a 5,0	5,7	5	$A + 11,4$

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 13.5

Espessura do material	*b*	*c*	$d = A + 2 + b$
0,2 a 0,9	2,2	1,5	$A + 4,4$
1,0 a 1,4	2,7	2,0	$A + 5,4$
1,5 a 1,9	3,5	2,5	$A + 7,0$
2,0 a 2,4	4,0	3,0	$A + 8,0$
2,5 a 3,4	5,0	4,0	$A + 10,0$
3,5 a 5,0	6,5	5,5	$A + 13,0$

Orientação prática para espessuras da matriz

Para cortes com perímetros até 50 mm

$$\text{Espessura da matriz (aço-ferramenta e temperado)} = \frac{\text{Resistência ao cisalhamento do material a trabalhar} \times \text{Espessura da chapa}}{4}$$

Para cortes com perímetros acima de 50 mm

$$\text{Espessura da matriz (aço-ferramenta e temperado)} = \frac{\text{Resistência ao cisalhamento do material a trabalhar} \times \text{Espessura da chapa} \times \text{Perímetro do corte}}{200}$$

No caso de a matriz não ser de aço-ferramenta e temperado, o resultado das fórmulas acima deve ser aumentado para uns 50 a 100% a mais.

No caso de as espessuras do material e perímetro de corte serem grandes, mas de forma regular, o resultado da fórmula acima pode ser diminuído para uns 25 a 40% menos.

Orientação para a folga entre punção e matriz nos estampos de corte

A matriz deve ter uma parte cilíndrica de 3 a 5 mm e um ângulo de saída de 2 a 5° (fig. 13.5). Quando se trata de matrizes não temperadas, para pequenas quantidades de peças de materiais finos e macios (papel metal fino), não há

Material chroniony prawem autorskim

até quebrar, se juntarmos os dois pedaços, vamos ver que o corpo ganhou em comprimento. Suponhamos que esse aumento foi de 5 mm. Usando a fórmula abaixo, podemos determinar a quanto esses 5 mm correspondem em porcentagem sobre a medida inicial, que, no nosso caso, foi de 50 mm. 5 mm em 50 mm correspondem a 10%. É esse aumento em deformação permanente, em porcentagem, que nós chamamos de ALONGAMENTO, e cujas fórmulas damos a seguir.

Escoamento — Entre o fim da *elasticidade* e o início do *alongamento* fica um pequeno período que é o do *escoamento*.

$$\%\ A = \frac{\text{Comprimento final} - \text{comprimento inicial}}{\text{Comprimento inicial}} \times 100$$

$$\%\ A = \frac{\text{Alongamento} \times 100}{\text{Comprimento inicial}}$$

$$\text{Resist. à tração} = \frac{\text{Força}}{\text{Secção } (mm^2)} \qquad \text{Força} = \text{Secção } (mm^2) \times \text{Resist. tração} \qquad \text{Secção } (mm^2) = \frac{\text{Força}}{\text{Resist. tração}}$$

$$\text{Resistência ao cisalhamento} = \frac{\text{Força para cortar}}{\text{Superfície a cortar}}$$

$$\text{Força para cortar} = \text{Superfície a cortar} \times \text{Resistência ao cisalhamento}$$

$$\text{Superfície a cortar} = \frac{\text{Força para cortar}}{\text{Resistência ao cisalhamento}}$$

Estampagem e embutimento

As profundidades de estampagem que se podem conseguir variam conforme o material e as espessuras, considerando-se uniformidade na composição e na espessura.

A orientação para o limite máximo da profundidade de estampagem é dada pela prova Eriksen que consiste em pôr uma chapa quadrada de 90 × 90 mm na máquina Eriksen presa sobre uma matriz. Um punção semi-esférico descendo

Materiał chroniony prawem autorskim

faz a deformação na chapa (ver figura 13.8) medindo-se a profundidade desse abaulamento antes que a chapa comece a rasgar-se.

À página 461 temos uma tabela indicando as profundidades máximas que se podem obter para os trabalhos de estampagem conforme o material e a espessura das chapas.

Graus de estampagem das chapas nacionais

As siderúrgicas possuem uma classificação para indicar os tipos e os graus de estampagem (dobramento ou embutimento) de suas chapas.

Lubrificação no embutimento

2 partes de óleo de colza, 1 de rícino e 1 de talco.

Chapa de Aço — água de sabão, sebo com pó de grafita ou óleo de máquina.

Alumínio — vaselina ou petróleo com pó de grafita.

Latão — solução de sabão ou petróleo com pó de grafita.

Chapa estanhada — petróleo com pó de grafita ou nada.

Zinco — sebo de boi.

Cobre — petróleo com pó de grafita.

Cartão — 1 parte de sabão de marselha, 3 de cera vegetal, 3 de glicerina, 4 de talco, 3 de amido, 3 de glicerina.

Aço inoxidável — água com grafita.

Cálculo do diâmetro e da superfície de peças embutidas (prensadas)

A superfície do disco ou flange deve ser equivalente à da peça feita.

As fórmulas a seguir permitem calcular aproximadamente o diâmetro D do disco ou flange (chapa) e a superfície de qualquer peça cilíndrica ou esférica.

Material chroniony prawem autorskim

Diâm. punção = diâm. furo + fator *a*

Diâm. punção = 10 + 0,10 = 10,1 mm

Diâm. furo matriz = diâm. punção + fator *b*

Diâm. furo matriz = 10,1 + 0,35 = 10,45 mm

Veja também pág. 425.

Ensaios de chapa

Ensaio Ericksen

Para avaliar as qualidades de estampagem das chapas.
Corpo de prova antes do ensaio.

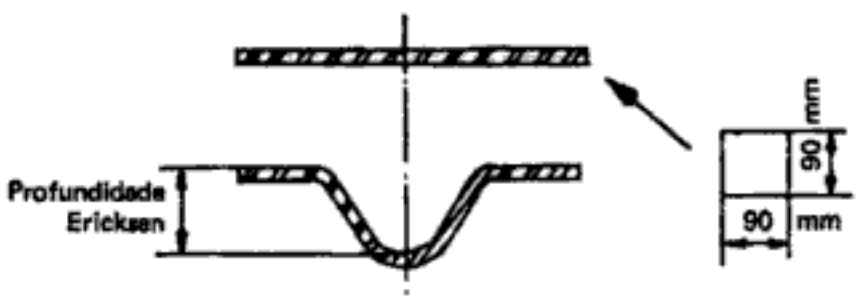


Fig. 13.8

Corpo de prova depois do ensaio.
Máxima profundidade de estampagem conseguida antes desta começar a romper-se.

Ensaio de dobra

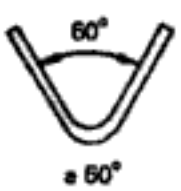


Fig. 13.9



Fig. 13.10

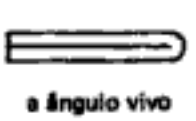


Fig. 13.11

Materiał chroniony prawem autorskim

Chapa endireitada



Fig. 13.12

No ângulo da dobra, aparece um adelgaçamento.

Cálculos de corte e dimensões

Cálculo do esforço de corte em chapas de grandes espessuras

O corte é feito com as chapas a 900°C e o cálculo é um pouco diferente do das chapas comuns. (Veja explicação na pág. 419).

$$F \text{ kg.} = 0{,}4 \times \text{perímetro do corte} \times \text{espessura da chapa} \times \text{resistência ao cisalhamento}$$

O esforço de extração nestes casos é de cerca de 30% do esforço acima.

Cálculo do comprimento de punções de corte

$$\text{Comprimento} = 3{,}14 \sqrt{\frac{Me \times Mi}{e \times p \times Rr}} \qquad \text{Comprimento} = \sqrt{\frac{3.020 \times d^3}{e \times Rr}}$$

Me = Módulo de elasticidade do material do punção (20.000 kg/mm^2). (Punções redondos.)
Mi = Momento de inércia da secção do punção em mm^2 por mm^2.
e = espessura da chapa em mm.
Rr = tensão de ruptura da chapa em kg/mm^2.
p = perímetro do corte em mm.

Observação: — O punção não deve ter diâmetro menor do que a espessura da chapa a cortar.

Material chroniony prawem autorskim

F = Força em kg $A = \dfrac{3{,}14 \times D^2}{4}$ mm²

D = diâm. da matriz,
Rc = resist. do metal à compressão em kg/mm²
a = $3{,}14 \times D \times e$ em mm² (secção parede)

$\dfrac{A}{a} = \dfrac{D}{4 \times e} \cdot \text{Log} = \text{Logaritmo}$

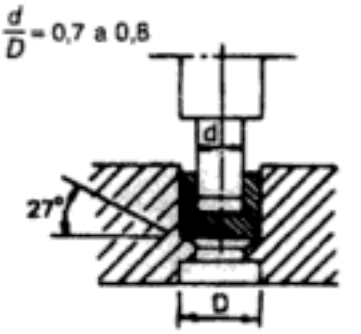


Fig. 13.14

Estampagem

Atenção: No embutimento é importante a igualdade de superfície entre o disco a embutir e a peça embutida.

Veja figura e cálculos na pág. 428e 429.

Tabela 13.8

Força de extrusão para o alumínio

Alumínio	Espessura parede mm	Força (t/cm²)
99,5%	1,5	6
$R = 50$ kg/mm²	1	8
	0,5	12
	0,2	12

Força necessária, 25 t/cm²
Adelgaçamento das paredes, 70%

Material chroniony prawem autorskim

Extrusão

Aplicada na fabricação de tubos de metal, como o chumbo, cobre, estanho, alumínio.

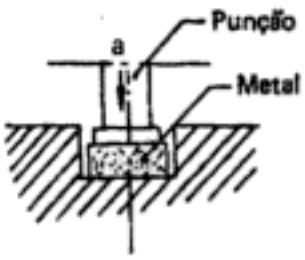


Fig. 13.15

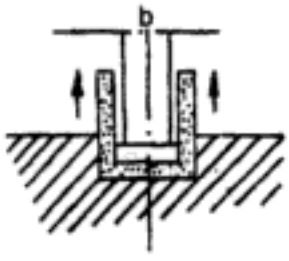


Fig. 13.16

Embutimento

O número de operações em uma peça embutida pode ser calculado por:

$$n = \frac{h}{0{,}97 \times d}$$

$$D = \sqrt{d^2 + 4 \times d \times h}$$

$$h = \frac{D^2 - d^2}{4 \times d}$$

$$d = c \times D$$

$$d^2 = C^2 \times d^1$$

c^1 = coeficiente de redução

d^1 = 1ª operação

d^2 = 2ª operação

c^2 = 2ª operação

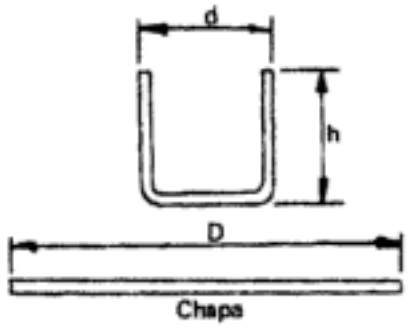


Fig. 13.17

Tabela 13.9
Coeficiente de redução entre *d* (disco a embutir) e *D* (peça embutida)

	c^1	c^2
Alumínio até 2 mm	0,55	0,30
Alumínio acima de 2 mm	0,55	0,88
Aço inoxidável	0,60	0,88
Chapa de aço até 2 mm	0,56	0,80
Chapa de aço acima de 2 mm	0,56	0,83
Cobre até 2 mm	0,50	0,75
Latão até 2 mm	0,50	0,75
Zinco	0,75	0,91

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 13.10

Folga entre punção e matriz no embutimento

	y
Alumínio	$1{,}15 \times e$
Aço inoxidável	$1{,}20 \times e$
Chapa de aço	$1{,}20 \times e$
Latão	$1{,}05 \times e$
Zinco	$1{,}05 \times e$

y = tabela 13.10
e = espessura da chapa
< = menor que

$$e = < j < e\sqrt{\frac{D}{d}}$$

Arredondamento do punção de embutimento de chapas

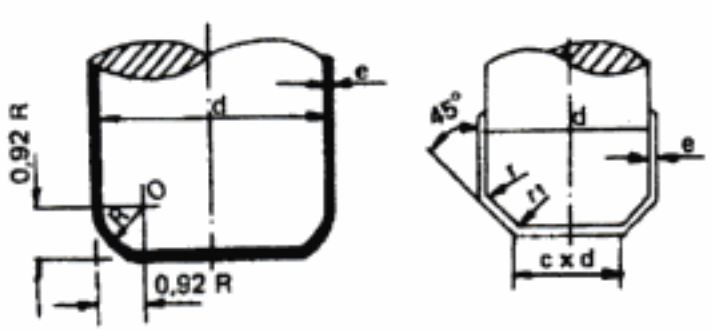


Fig. 13.18

$5 \times e < R < 0{,}3 \times d$
< = menor que

$r = 5 \times e \cdot r1 = 3e$
c = tab. 13.9

Estampagem com Borracha *não Precisando usar Matriz nem Punção.*

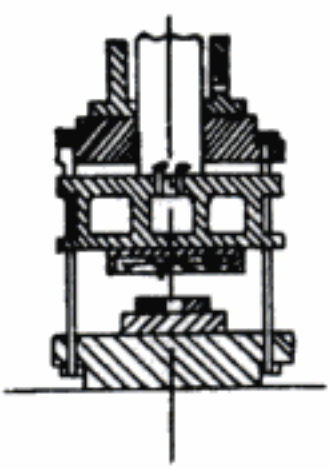
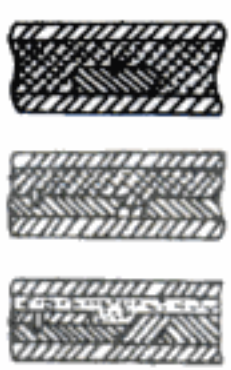


Fig 13.19



Chapas até 4 mm.
Pressão 100 a 120 kg/cm^2.
Embutidos leves.
Aplicações: Indústria Aeronáutica, saliências ou sulcos em chapas.

Materiał chroniony prawem autorskim

Processo de corte com borracha sem punção e matriz

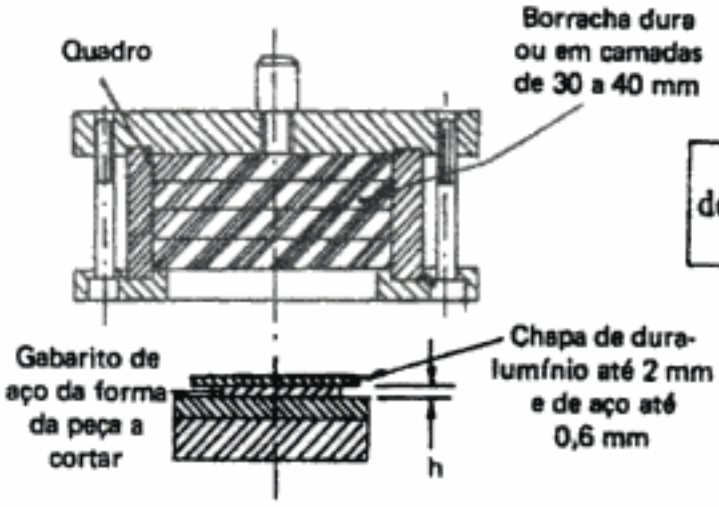

Quadro
Borracha dura ou em camadas de 30 a 40 mm
Gabarito de aço da forma da peça a cortar
Chapa de duralumínio até 2 mm e de aço até 0,6 mm
h

Fig. 13.21

$$\text{altura h do gabarito em mm} = \left(\frac{b}{1{,}57 + m^1}\right) = \frac{b}{3{,}27} \text{ mm}$$

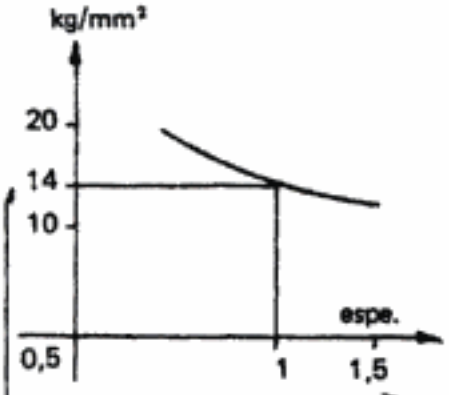


Fig. 13.22

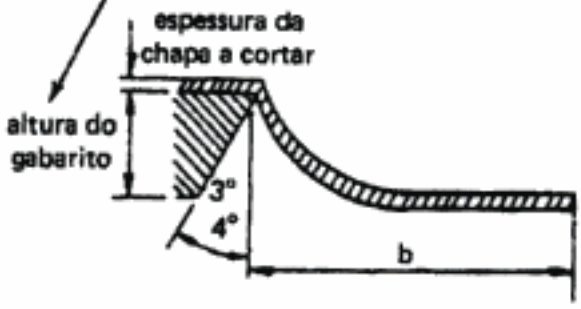


Fig. 13.23

$$\text{Pressão específ. p/ o duralumínio em kg/mm}^2 = \text{Resist. à tração} \times \text{Espes. da chapa} \times \left(\frac{1{,}57\ \ 1{,}7}{b}\right)$$

$$\text{Força kg} = \text{superfície mm}^2 \times \text{pressão específ.}$$

(Adaptado de B. Wassilieff, obra citada)

Materiał chroniony prawem autorskim

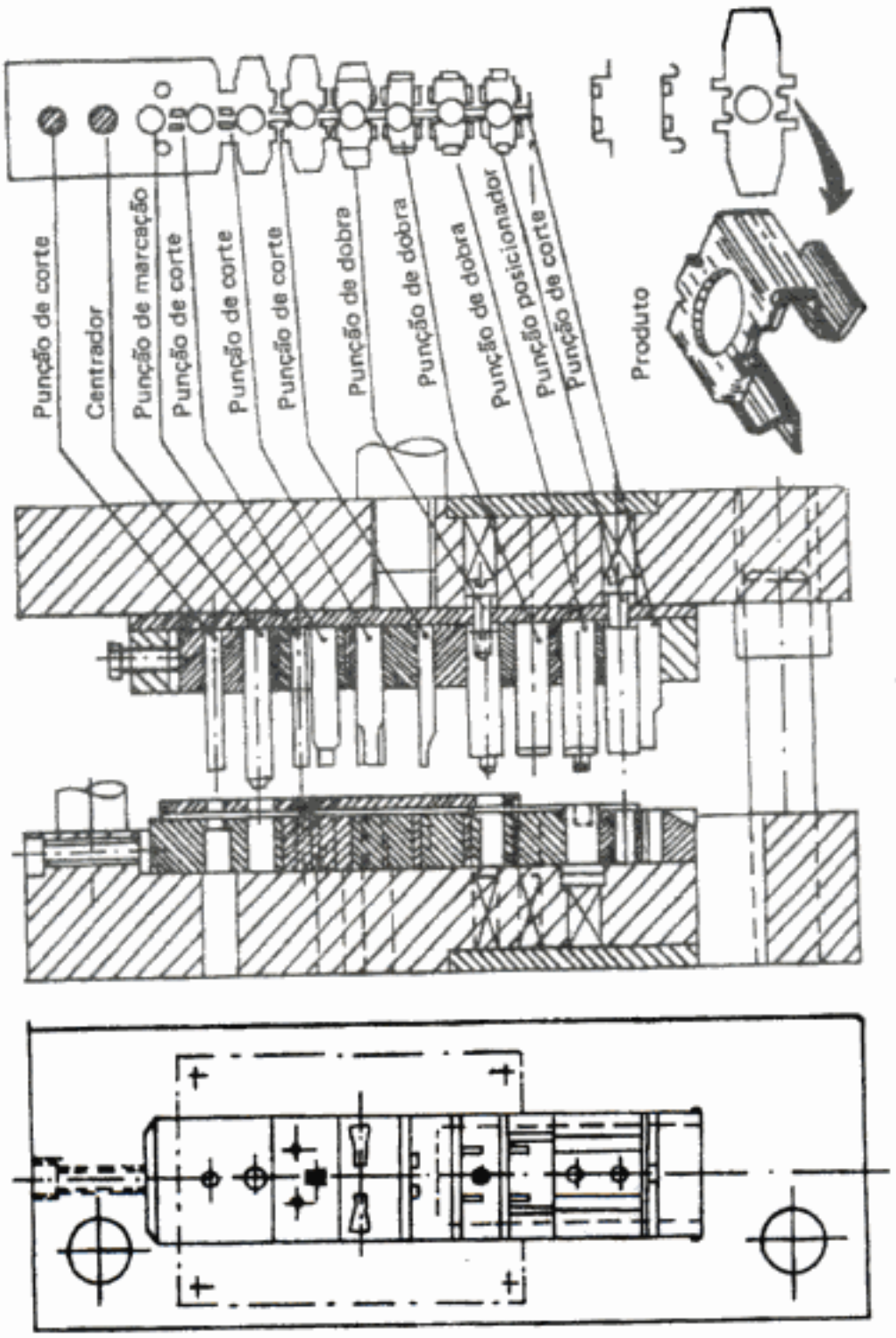


Fig. 13.24

Adaptado de *Travaux et Outillage à la Presse*, de B. Wassilieff.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 13.12

Medidas recomendadas em mm

A	B	C	D
25	25	70	50
50	50	120	90

Atenção: É importante o arredondamento dos cantos.

Como matriz, usam-se almofadas de poliuretano. Os punções, dependendo das tolerâncias dimensionais e da quantidade de peças a obter, podem ser de aço, de ferro fundido e até de madeira.

Não necessitando de uma centragem rigorosa entre punção e matriz, a matriz de poliuretano, tendo elasticidade, compensa as eventuais diferenças de espessuras de chapas.

O poliuretano trabalhando como punção

Abaixo vemos perfeitamente como uma almofada de poliuretano pode substituir o punção de aço, na obtenção de chapas com nervuras, com inúmeras aplicações, inclusive na indústria aeronáutica.



Fig. 13.28



Fig. 13.29

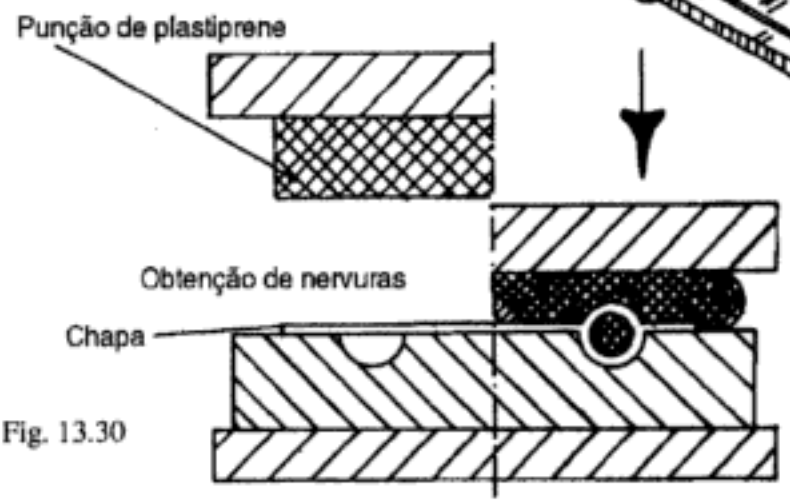


Fig. 13.30

Materiał chroniony prawem autorskim

O poliuretano trabalhando como prensa-chapa e extrator ao mesmo tempo

Ao lado vemos um exemplo de como o poliuretano pode desempenhar a função de prensa-chapa e extrator ao mesmo tempo, graças ao poder de incompressibilidade do material.

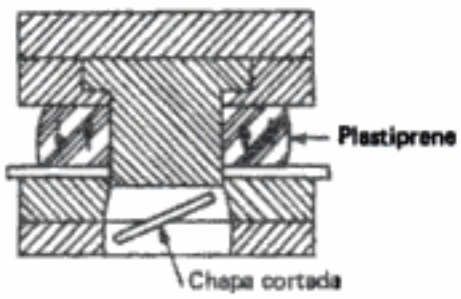


Fig. 13.31

Molas de poliuretano substituindo com vantagens as molas de aço convencionais na ferramentaria

As molas de poliuretano têm grande capacidade de suportar carga, flexibilidade e resistência aos óleos.

As vantagens sobre as molas de aço, entre outras, são:

1) Não oferecem o imprevisto de quebra;
2) Maior durabilidade;
3) Desenvolvem altas pressões, mesmo com cursos pequenos;
4) Fácil execução e montagem;
5) Boa distribuição de pressão, repercutindo no prolongamento da vida útil de todo o dispositivo.

O poliuretano é fornecido em tarugos padrões — "plastiprene", podendo ter usinagem fácil.

Diferentes formas de montagem das molas de poliuretano

Podem ser alojadas em encaixes *sem cantos vivos,* ou com pino central, ou na combinação de ambas. *É importante deixar um espaço livre para a expansão da mola* (abaulamento). Ver as figuras na página seguinte.

Esta expansão ou abaulamento é de *cerca de 20% do diâmetro da mola.*

Atenção: O furo da mola não deve passar de 25% do diâmetro externo da mola.

A altura da mola não deve passar do dobro do diâmetro externo da mola.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 13.13
Guia para cálculo de compressão e pressão de molas de plastiprene EF

Diâmetro mm	Altura mm	COMPRESSÃO em mm									
		2	4	5	6	7	8	10	12	15	17
		PRESSÃO em kg									
20	30	75	150	187							
	35	65	130	162	185						
	40	57	114	142	171						
25	30	115	230	287							
	35	110	220	275	330						
	40	90	180	225	270						
	45	80	160	200	240	280	320				
	50	70	140	175	210	245	280				
30	30	170	340	425							
	35	145	290	362	435						
	40	130	260	325	390						
	45	112	224	280	336	392	448				
	50	100	200	250	300	350	400				
40	30	315	630	785							
	35	260	520	650	780						
	40	230	460	575	690						
	45	200	400	500	600	700	800				
	50	182	364	455	546	637	728				
	70	125	250	312	375	437	500	625	750		
50	30	510	1.020	1.375							
	35	415	830	1.037	1.245						
	40	365	730	912	1.095						
	45	320	640	800	960	1.120	1.280				
	50	290	580	725	870	915	1.160				
	90	130	260	325	390	455	520	650	780	975	
75	30	1.574	3.148	3.935							
	35	1.215	2.430	3.037	3.645						
	40	950	1.900	2.375	2.850	3.325					
	45	770	1.540	1.925	2.310	2.695	3.080				
	50	670	1.340	1.675	2.010	2.345	2.680				
	100	352	704	880	1.056	1.232	1.408	1.760	2.112	2.640	2.992
80	30	1.860	3.720	4.650							
	35	1.450	2.900	3.625	4.350						
	40	1.165	2.330	2.910	3.495	4.080					
	45	900	1.800	2.250	2.700	3.150	3.600				
	50	760	1.520	1.900	2.280	2.660	3.040				
	100	355	710	885	1.065	1.240	1.420	1.775	2.130	2.662	3.017
100	30	4.100	8.200	10.250							
	35	3.100	6.200	7.750	9.300						
	40	2.375	4.750	5.935	7.125	8.310					
	45	1.810	3.820	4.775	5.730	6.685	7.640				
	50	1.640	3.280	4.100	4.920	5.740	6.560				
	100	645	1.290	1.412	1.935	2.257	2.580	3.225	3.870	4.837	5.482
	125	500	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	2.500	3.000	3.750	4.250

Materiał chroniony prawem autorskim

Localização das espigas nos estampos. Processo Analítico

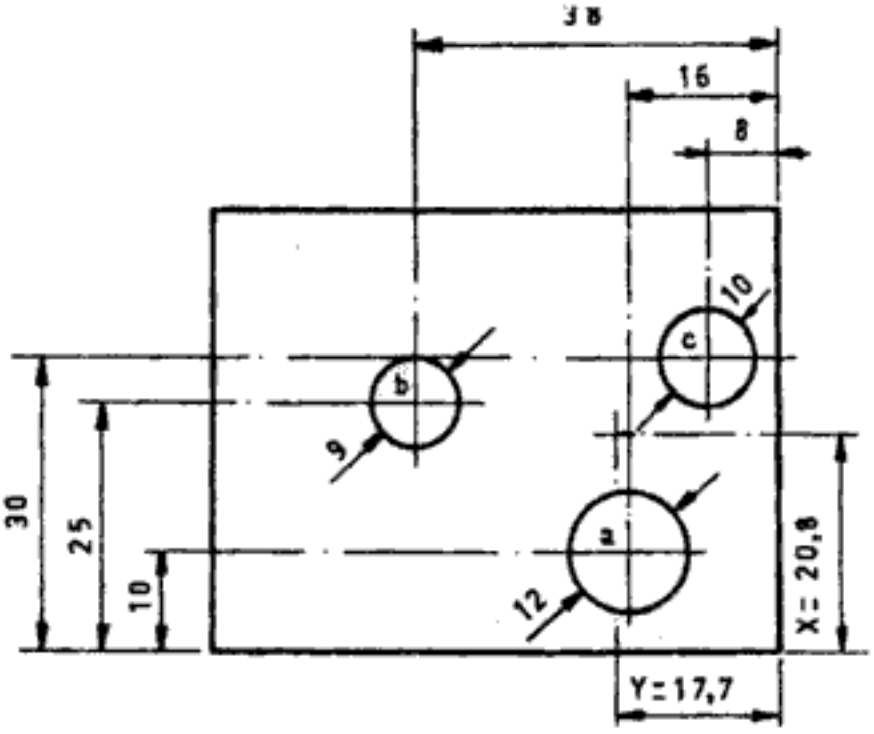


Fig. 13.49

1º) vamos calcular a medida *x*:
Diâmetro de 12 mm do furo "*a*" × *a*
medida de 10 mm. Então:

$$12 \times 10 = 120$$

Diâmetro de 9 mm do furo "*b*" × *a*
medida de 25 mm

$$9 \times 25 = 225$$

Diâmetro de 10 mm do furo "*c*" × *a*
medida de 30 mm

$$10 \times 30 = 300$$

2º) vamos somar agora o valor dos resultados, isto é:

$$120 + 225 + 300 = 645$$

Fazemos o mesmo com os valores dos diâmetros, somando-os.
Temos então $12 + 9 + 10 = 31$

Para determinarmos $x = \dfrac{\text{Soma dos resultados}}{\text{Soma dos diâmetros dos furos}} = \dfrac{645}{31} = 20{,}8$

Material chroniony prawem autorskim

Composição aproximada da liga

Zinco 91%, Cobre 4%
Alumínio 4%, Magnésio 1 %

Qualidades:

Temperatura de solidificação	380°C
Temperatura de fusão	390°C
Retração (média)	9 %
Resistência à tração	23 N/mm^2
Dureza Brinell	100

Liga metálica especial para alojamento dos punções e matrizes

Observação:— Em lugar da resina, pode-se também empregar o bronze ou revestimento com uma liga especial de bismuto. Esta liga, tendo uma ligeira dilatação quando se solidifica, oferece boas condições para chumbar os punções e as partes das matrizes. A liga de fácil fusão, em concha com chama de gás (120°) tem uma composição aproximada de 48% de bismuto, 28,5% de chumbo, 14,5% de estanho e 9% de antimônio. Com dureza Brinell 19 e 900 N/cm^2 de resistência à tração e 2% de dilatação quando se resfria e solidifica.

Uma grande vantagem desta liga é a de ser recuperável pela refusão após o uso.

Matrizes de madeira

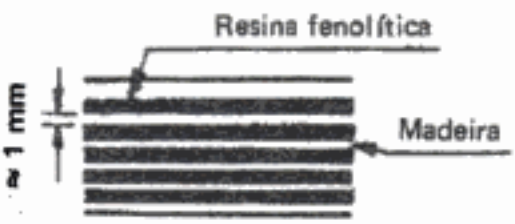


Fig. 13.51

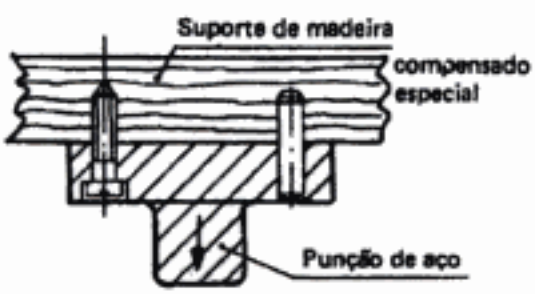


Fig. 13.52

Ideal para estampagem de pequenas séries de peças, ganhando tempo, mão-de-obra e material.

A matriz e o suporte são feitos de madeira, e o punção, de aço.

Atenção:— a madeira empregada é um compensado especial de chapas de madeira não resinosa, alternadas e unidas, com camadas de resina fenólica.

Chapas de madeira e resina são prensadas a quente, polimerizando (endurecendo) esta última. O compensado assim produzido toma a resistência e a dureza do duralumínio. (1)

(1) IPT de São Paulo, seção de madeiras, Cidade Universitária.

Material chroniony prawem autorskim

Atenção: — A seção da matriz e do prensa-chapa = a seção da ferramenta em aço × 1,5.



Fig. 13.53

Na região onde o atrito da chapa é grande, o compensado é protegido por uma chapa metálica. Ver fig. 13.53.

É preferível que o punção seja de aço, não devendo ter grandes dimensões, mas podendo ser fixado também em um suporte de compensado.

Corte com borracha

As aparas devem ter uma largura maior do que 30 mm.

Aplicação: Indústria aeronáutica

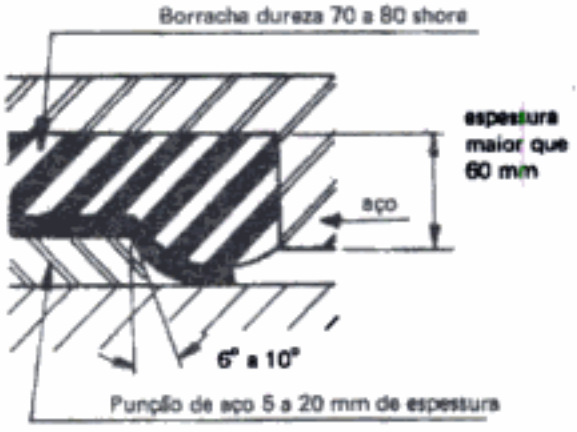


Fig. 13.54

Atenção: — Curso da peça superior a 2 vezes a altura da peça acabada 10 mm. Fig. 13.55.

Atenção: — Se a altura da peça acabada for pequena, a distância entre opunção e a matriz deve pelo menos permitir a passagem da mão do operador. Fig. 13.56.

Material chroniony prawem autorskim

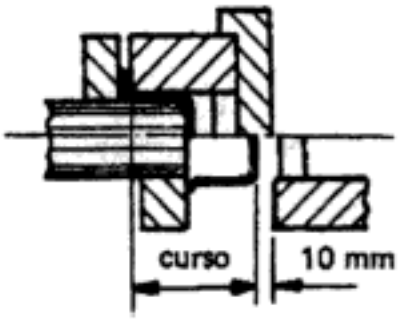


Fig. 13.55

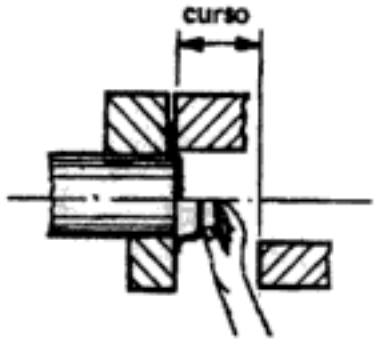


Fig. 13.56

A fixação de punções, matrizes, buchas e colunas com resina especial

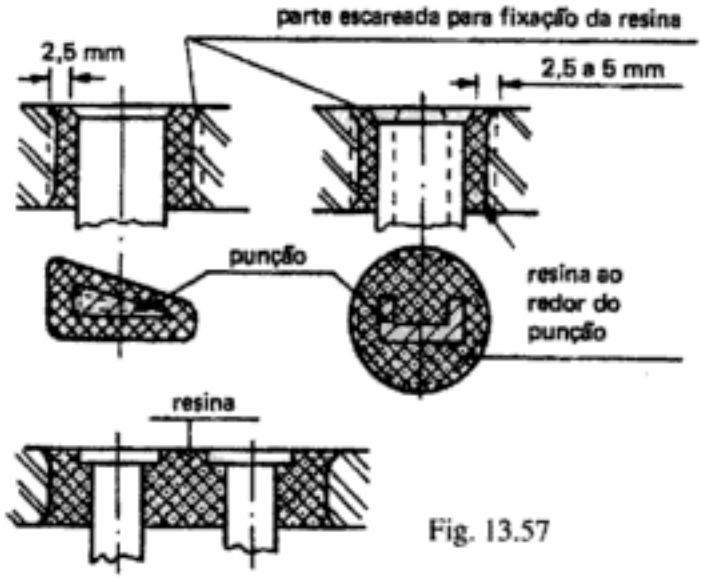


Fig. 13.57

Fixação de punções por meio de resinas especiais ao redor.

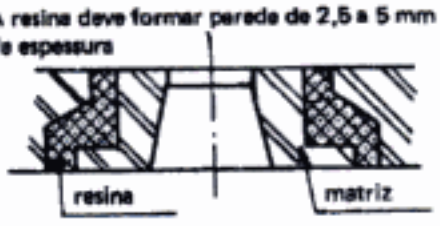
Atenção: — Nas duas extremidades do furo, fazer o escareado (alargamento) para que não haja deslocamento da resina nem para cima nem para baixo. Ver fig. 13.57.

O punção trabalha dentro do furo revestido de resina.

A resina deve formar paredes de 2 a 5 mm de espessura.

Materiał chroniony prawem autorskim

Fig. 13.58



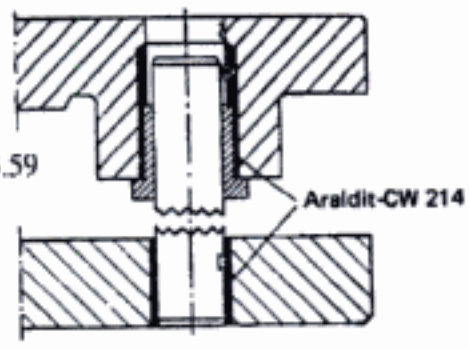


Fig. 13.59

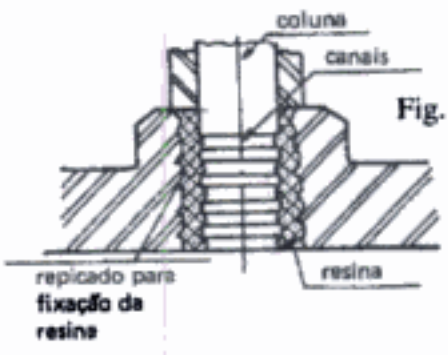


Fig. 13.60

A preparação dos alojamentos para resina

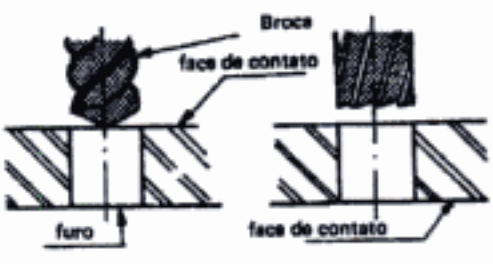


Fig. 13.61

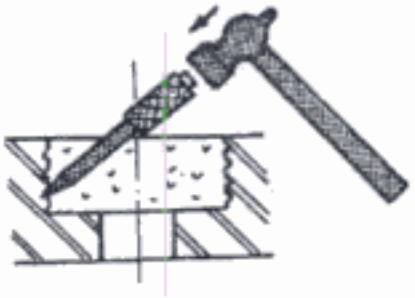


Fig. 13.62

Fig. 13.63

1º Fure usando coordenadas. O furo deve ser feito na face que irá receber a resina.

2º O furo menor torna o vazamento da resina melhor, além de impedir seu deslocamento, e facilitar a repicagem no furo maior.

3º Com o punção ou a lima faça riscos ou sulcos que ajudem a resina a se fixar, não se deslocando.

Fig. 13.64

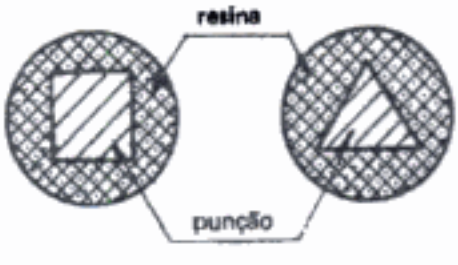
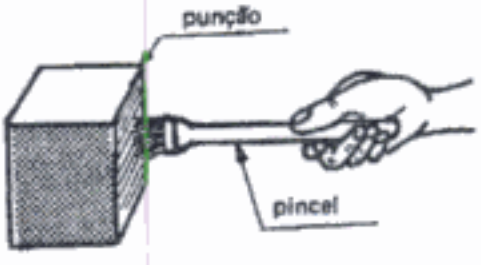


Fig. 13.65



Material chroniony prawem autorskim

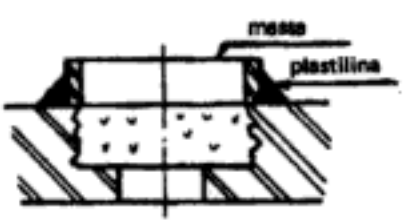
4º Se o punção tem a forma □ ou Δ ou outras formas, o furo de alojamento da resina ao redor pode ser simplificado pela forma circular.

6º Antes lave o punção ou a peça com benzina ou acetona.

7º O separador QZ 11 da CIBA é fornecido em latas de 500 g, e estas devem ser mantidas bem fechadas, e em temperaturas entre 15 a 25°C.

5º **Atenção**: — Se existir peça que deva se destacar ou separar-se da resina, como por exemplo os punções, aplique 2 a 3 camadas a pincel ou a pistola do separador QZ 11 da CIBA.
Após a aplicação de cada camada, aguarde a secagem para aplicação da seguinte.
Depois de seca, com um pano de lã, pode ser polida.

Fig. 13.66



Atenção: — O separador permite uma espessura de 3 a 4 μm (micrômetro). (1 μm = 1 milésimo de milímetro). A FOLGA maior ou menor entre o punção e a matriz pode ser obtida pelo número de camadas. Quanto maior o número de camadas, maior é a folga, e vice-versa.

Para vazar a resina coloca-se uma rodela de papelão em volta do alojamento. Para amparar o papelão junta-se um pouco de massa plástica ao redor. A plastilina é uma massa de modelar muito usada como brinquedo de crianças, e se encontra facilmente em cores nos bazares e papelarias.

Apresentação da resina

A resina é vendida em caixas de 5.400 g, contendo 6 latas de resina de 830 g cada e 6 latas de 70 g cada. Acompanha o endurecedor.*

Para preparar, mistura-se a resina com quantidade certa de endurecedor.

A proporção da mistura já vem facilitada: 1 lata de resina para 1 lata de endurecedor ou então: para quantidades maiores ou menores, use:

100 partes de resina CW 214*
8 ± 0,5 partes de endurecedor HY 214*

* Produtos fabricados no Brasil pela "Ciba Geiger".

Materiał chroniony prawem autorskim

O prefixo da resina para este trabalho é o CW 214*, e do endurecedor é o HY 214*, porque existem outros tipos de resina.

Fases da preparação da resina

A resina CW 214* contém um recheio que ajuda a dar corpo. Com o tempo, a tendência deste recheio é descer — depositar ou decantar — indo para o fundo da lata. Por isso é importante, ANTES de proceder à mistura da resina com o endurecedor, REVOLVER muito bem a resina desde o fundo da lata para que fique uniforme.

Na oficina, este revolvimento pode ser feito na máquina de furar, fazendo-se uma cruzeta de madeira agitadora que se coloca no mandril. Girando-se a cruzeta, esta desempenha o papel de liquidificador agitando a resina, dentro da lata.

Enquanto isso, o conjunto que irá receber a mistura, resina + endurecedor, deve estar sendo aquecido a 50°C, o que pode ser feito em uma estufa, ou com uma lâmpada. Fig. 13.67.

Pré-aquecimento das peças

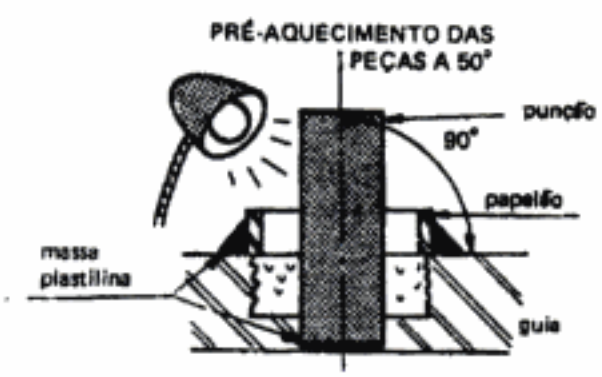


Fig. 13.67

Antes de receber a resina, peças e alojamento devem receber um pré-aquecimento até 50°C em uma estufa ou lâmpada. Despejada a mistura, pode-se acelerar o endurecimento aquecendo novamente

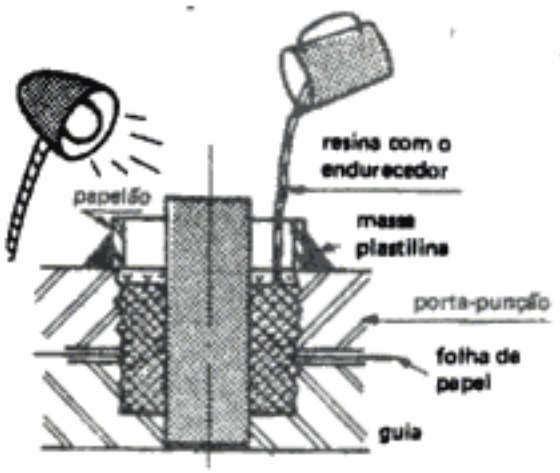


Fig. 13.68

Enchimento do porta-punção. Revolvida previamente a resina, misturada com o endurecedor e revolvida novamente sem formar bolhas, ela é colocada no alojamento em camadas finas para não formar bolhas, depois de ter enchido a guia.

* Produtos fabricados no Brasil pela "Ciba Geiger".

Material chroniony prawem autorskim

Outras aplicações

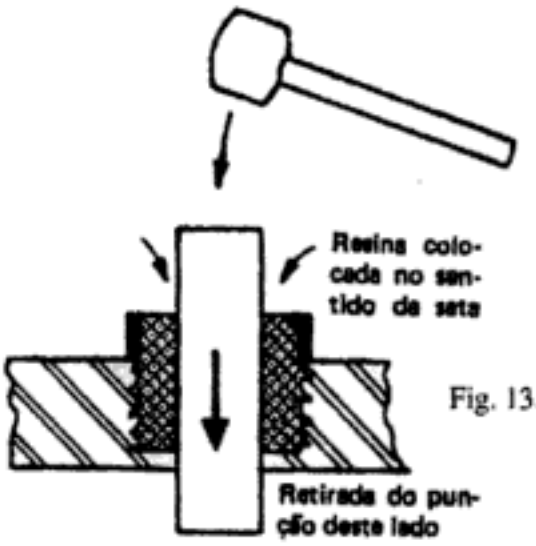


Fig. 13.6

Aqui a matriz servirá de guia ao punção. Na afiação do punção, eliminar todas as rebarbas, para que após a retirada dele, estas não venham a danificar a resina.

Atenção: — Ao retirar o punção, fazê-lo no sentido da seta para que a mistura da resina não se solte.

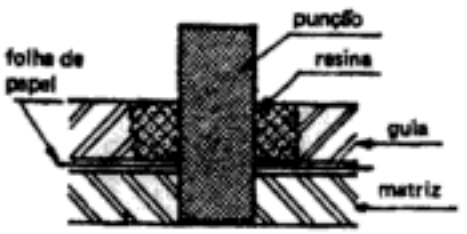


Fig. 13.70

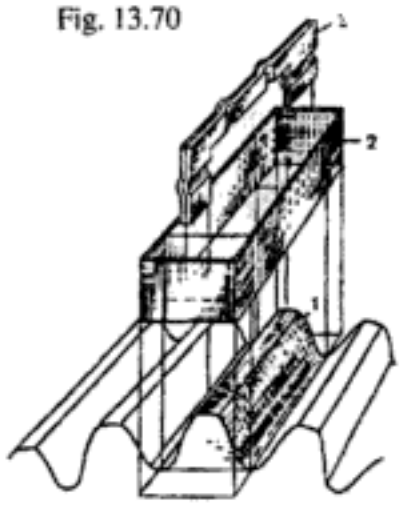


Fig. 13.71

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 13.17
Chapas de aço-carbono

Materiais e composição	Composição média	Resistência à ruptura kg/mm²	Escoamento kg/mm²	Alongamento relativo (Zo = 11,3 Fo)	Fator p'Ericksen e = 1 mm	Dureza R B	Aplicação
1) Chapas de aço-carbono para *repuxos muito profundos.* (Têmpera T5) Beneficiado	C = 0,05. Mn = 0,2 Si = 0,2 P+S ≤ 0,06	23		26 - 30	10,5		Tanques para combustíveis, radiadores, carroceria
2) Chapa de aço-carbono para repuxos profundos Beneficiado	C = 0,15 - 0,25 Mn = 0,35 - 0,65 Si = 0,17 - 0,37 Ni = 0,3 P+S ≤ 0,08	35 - 50	22 - 32	22 - 24	9,5	63 - 77	Para estampagem de formas irregulares
3) Chapas de aço-carbono para repuxos (Têmpera T-5a T-4)	C = 0,05 - 0,12 Mn = 0,25 - 0,5 Si = 0,03 P+S ≤ 0,08	28 - 38	18	26 - 30	10,5		
4) Chapas de aço-carbono para repuxos (Têmpera T-5a T-4)	C = 0,05 - 0,15 P+S ≤ 0,09 Mn = 0,35 Si = 0,77 - 0,37	8 - 42	16 - 24	26 - 30	10,5	32 - 65	
5) Chapa de aço-carbono beneficiado para *repuxos profundos*	C = 0,15 - 0,15 Mn = 0,35 - 0,65 Si = 0,17 - 0,37 Ni = 0,3. P+S ≤ 0,08	35 - 50	22 - 32	22 - 24	9,5	63 - 77	Idem = ao 2º
6) Chapa de aço-carbono beneficiado	C = 0,8 - 0,9 Mn = 0,5 - 0,8 Si = 0,2 - 0,35 P < 0,04 S ≤ 0,045	65 - 75	45 - 55				Peças lisas com alta resistência

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 13.17 (continuação)

Materiais e composição	Composição média	Resistência à ruptura kg/mm²	Escoamento kg/mm²	Alongamento relativo (Zo = 11,3 Fo)	Fator p'Ericksen e = 1 mm	Dureza RB	Aplicação
5) Chapas de aço-carbono beneficiado	C = 0,24 - 0,34 Mn = 1,25 - 1,5 Si ≤ 0,25 ≤ 0,045 P ≤ 0,04	48 - 60	30	20		84	
6) Chapa de aço-carbono beneficiado	C = 0,02 - 0,3 Mn = 0,5 - 0,8 Si = 0,17 - 0,37 P+S ≤ 0,017 Ni ≤ 0,3 G ≤ 0,15	40 - 45	26 - 35	21 - 23		70 - 81	Chassis p/ autos. Estabilizadores de aviões
7) Chapa de aço-carbono beneficiado	C = 0,35 - 0,45 Mn = 0,5 - 0,8 Si = 0,17 - 0,37 P ≤ 0,04; S ≤ 0,045	52 - 67	42 - 52	15 - 77		81 - 82	
8) Chapa de aço-carbono beneficiado para *Repuxo regular* Idêntica ao item 3		35 - 50	20 - 32	22 - 24	9		Idêntico ao item 3
Aço-carbono para *repuxo profundo* (Têmpera T-4) (IT-4)		28 - 42	16 - 24	24 - 17	10,1	52 - 65	Para repuxos de formas irregulares
Aço-carbono para *repuxo profundo* (Têmpera T-3) (IT-3)		26 - 42	16 - 24	24 - 27	9,9		Para serviços simples com repuxos regulares

Material chroniony prawem autorskim

Capítulo 14

Metrologia

Medições, precisão dos instrumentos

Como saber a aproximação dos Calibres de Vernier (Paquímetro). Abaixo, a figura indica como saber até que aproximação (ou fração) pode chegar um calibre.

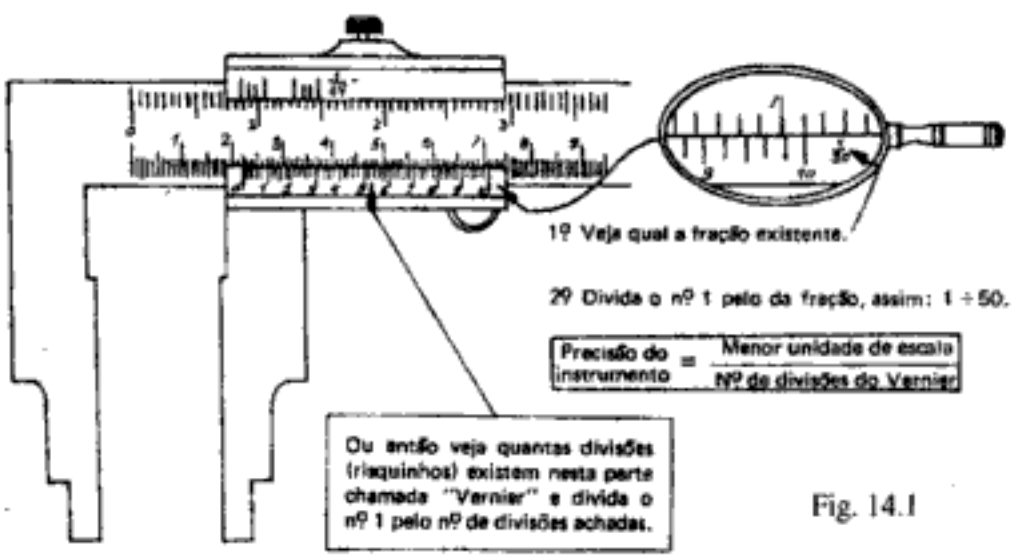

1º Veja qual a fração existente.
2º Divida o nº 1 pelo da fração, assim: 1 ÷ 50.
Precisão do instrumento = Menor unidade de escala / Nº de divisões do Vernier
Ou então veja quantas divisões (risquinhos) existem nesta parte chamada "Vernier" e divida o nº 1 pelo nº de divisões achadas.

Fig. 14.1

Assim:

$$\text{Precisão do instrumento} = \frac{\text{Menor unidade da escala}}{\text{Número de divisão do "vernier"}}$$

No exemplo anterior, temos: na escala em milímetros a menor divisão é 1 mm. No "vernier", temos 50 divisões. Daí a fração ao lado de 1/50 que a figura mostra com uma lente. Adotando a fórmula, temos:

Material chroniony prawem autorskim

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) $\frac{1}{50}$	1) Substituindo na fórmula os dados pelos números.
2) 1 | 50	2) Vamos iniciar a divisão do número 1 por 50: colocamos 0 no quociente.
3) 10 | 50 0,	3) Como 1 é menor que 50, para fazermos a divisão, temos que colocar 0 no quociente, para acrescentarmos 0 no divisor, que passa a ser 10.
4) 100 | 50 0,0	4) Entretanto, 10 ainda é pequeno para ser dividido por 50, então aumentamos mais um 0 no divisor, que passa a ser 100, e mais um 0 no quociente, que fica 0,0.
5) 100 | 50 0,02	5) 100 dividido por 50 temos 2, mas como no quociente já tínhamos 0,0, temos 0,02 que significa 2 centésimos, isto é, um número decimal, já que para dividirmos 1 por 50 só poderíamos obter um número fracionário.
6) 0,02	6) Resultado: O aparelho nos dá uma precisão de 0,02 (2 centésimos).

Material chroniony prawem autorskim

Leitura em milésimos de polegada

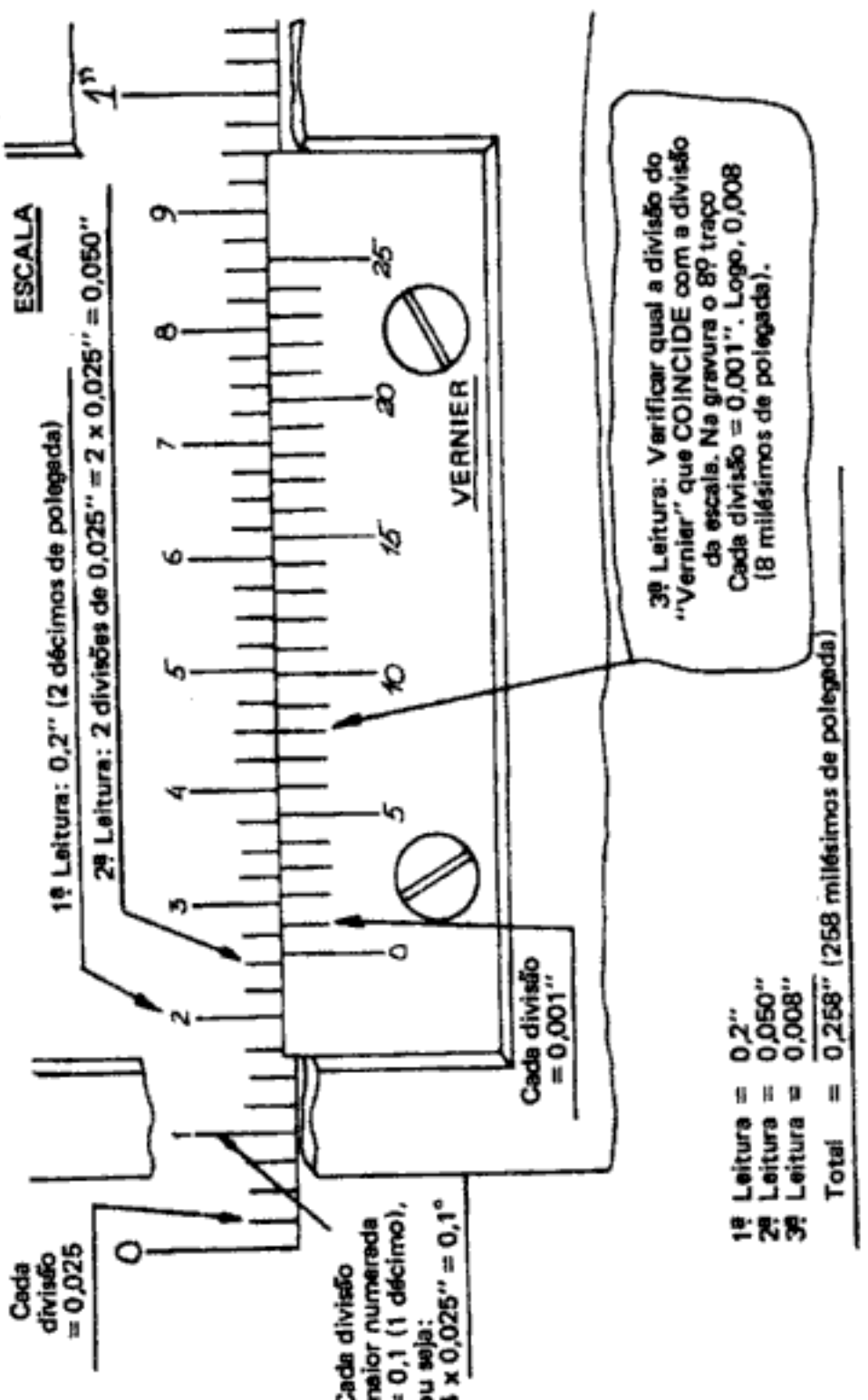

ESCALA
1ª Leitura: 0,2" (2 décimos de polegada)
2ª Leitura: 2 divisões de 0,025" = 2 x 0,025" = 0,050"
VERNIER
3ª Leitura: Verificar qual a divisão do "Vernier" que COINCIDE com a divisão da escala. Na gravura o 8º traço
Cada divisão = 0,001". Logo, 0,008 (8 milésimos de polegada).
Cada divisão = 0,001"
Cada divisão = 0,025
Cada divisão maior numerada = 0,1 (1 décimo), ou seja: 4 x 0,025" = 0,1°
1ª Leitura = 0,2"
2ª Leitura = 0,050"
3ª Leitura = 0,008"
Total = 0,258" (258 milésimos de polegada)

Fig. 14.5

Materiał chroniony prawem autorskim

Outro exemplo:

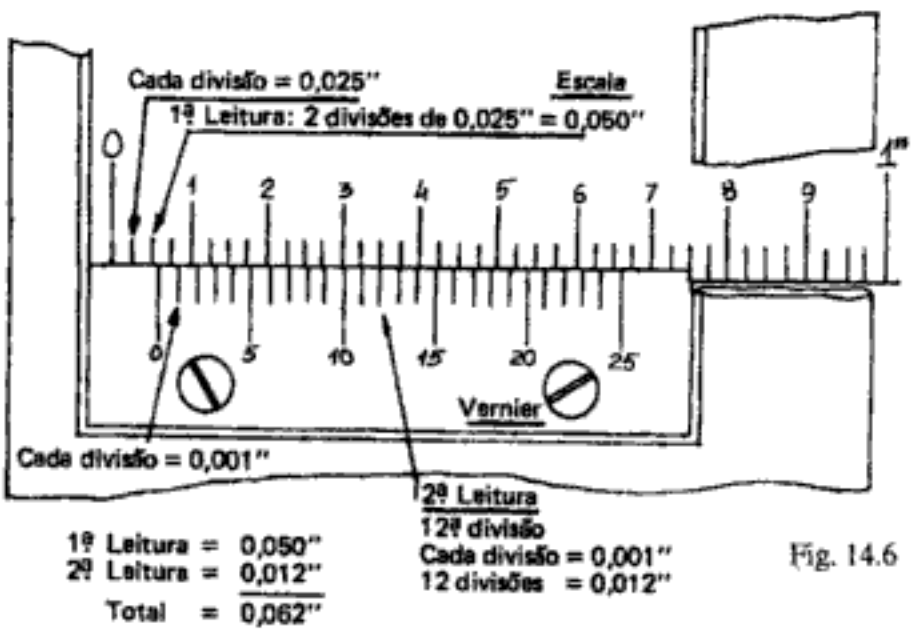


Fig. 14.6

Leitura de calibre em polegada com escala de 1/64 da polegada

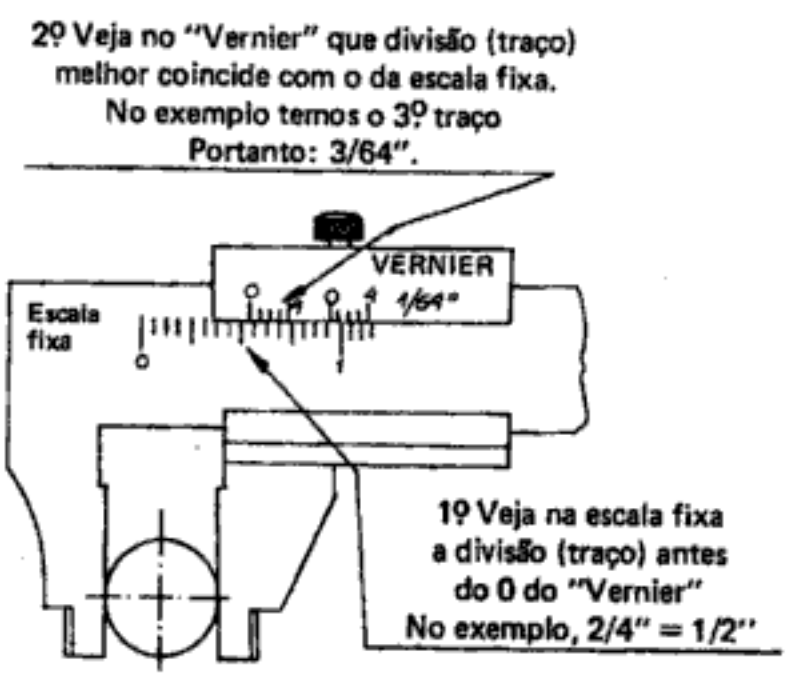

2º Veja no "Vernier" que divisão (traço) melhor coincide com o da escala fixa. No exemplo temos o 3º traço Portanto: 3/64".
VERNIER
1/64"
Escala fixa
1º Veja na escala fixa a divisão (traço) antes do 0 do "Vernier" No exemplo, 2/4" = 1/2"

Fig. 14.7

1ª leitura na escala 2/4 de polegada ou 1/2"
2ª leitura no "vernier" 3/64 de polegada

Materiał chroniony prawem autorskim

Temos que transformar a leitura em frações de 1/64, isto é, com o mesmo denominador em 64. A 2ª leitura de 3/64 já está em 64. Temos que transformar a 1ª que é 2/4. Para isso temos que fazer uma divisão de frações entre 2/4 e 1/64. Assim: 2/4 ÷ 1/64 = 2/4 × 64/1 = 128/4 = 32. Então: 2/4 = 32/64. 32/64 (1ª leitura já em 64) mais os 3/64 da 2ª leitura nos dá 35/64. Resultado: O calibre está indicando uma leitura de 35/64 de polegada. (Ver fig. 14.7.)

Outro exemplo: Ver fig. 14.8.

Leitura em 1/64" de polegada

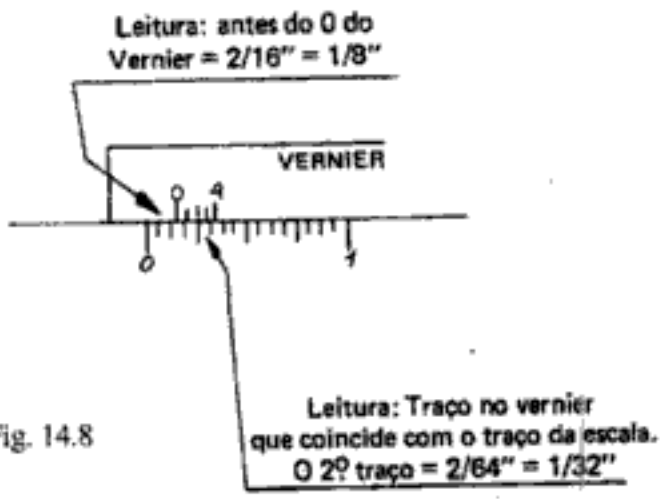


Fig. 14.8

1ª leitura 2/16 = 1/8 ou 8/64. 2ª leitura 2/64. Total: 8/64 + 2/64 = 10/64, ou seja, 5/32.

Como transformar uma fração de polegada em fração de 1/64. Vejamos o exemplo acima de 2/4 para transformar em fração de 1/64. A explicação a seguir serve para outras transformações.

EXECUÇÃO	EXPLICAÇÃO
1) 2/4 ÷ 1/64	1) Sempre que precisamos transformar uma fração para outro denominador (no nosso exemplo, para 1/64), temos que dividir a fração que queremos transformar para a fração cujo denominador queremos passar. É o que faremos.

Materiał chroniony prawem autorskim

2) $2/4 \times 64/1$	2) Para dividirmos 2/4 por 1/64 estabelecemos a seguinte regra: "Invertemos os termos da 2ª fração e mudamos o sinal de dividir pelo de multiplicar, como fizemos ao lado, na execução".
3) $128/16 = 8 = 8/64$	3) Fazendo a multiplicação, temos 128/4.
4) $2/4 \times 64/1 = 128/16$	4) Para obtermos a fração em 64 basta agora dividirmos 128 por 4. Obtemos 32.

Resultado: 2/4 = 32/64.

Como ler calibre com escala em 1/128 de polegada


1º) Veja na escala fixa a divisão (traço) antes do "0" vernier. No exemplo, 9/16".
VERNIER 1/128"
0
1
2º) Complete a leitura verificando que divisão do "Vernier" coincide perfeitamente com qualquer divisão da escala. No exemplo temos a 5ª divisão valendo cada divisão 1/128", temos 5/128".

Fig. 14.9

1ª leitura obtida na escala fixa	9/16
2ª leitura obtida no "vernier"	5/128

(Ver fig. 14.9.)

Temos que transformar as leituras para frações de 128.

A 2ª leitura já está em 128, resta a 1ª de 9/16 para passarmos para 128.

Assim: 9/16 + 1/128. Para dividirmos duas frações, invertemos a 2ª fração e mudamos o sinal de dividir para multiplicar. Assim $9/16 \times 128/1 = 1.152/16$. Para obtermos a fração em 128, basta dividirmos 1.152 por 16 que nos dá 72. Temos, então, 72/128. Como a 2ª leitura já era de 5/128, a leitura total é de 72/128 + 5/128 = 77/128.

Material chroniony prawem autorskim

O uso e a leitura dos transferidores universais

1º) Faça a leitura dos graus completos (graus inteiros) na escala principal.

2º) Leia na escala auxiliar (vernier) as frações dos graus. Na figura o transferidor oferece divisão até 5'.

(Ver figuras 14.10 e 14.11).

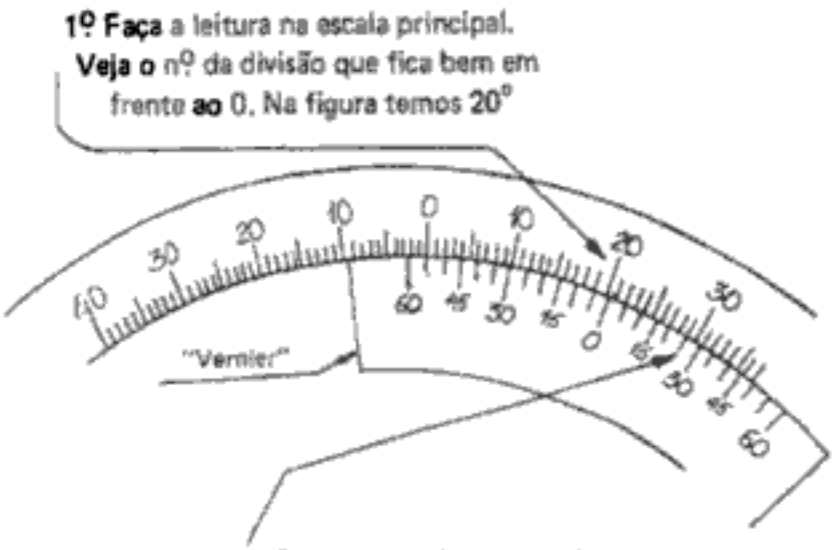

1º Faça a leitura na escala principal.
Veja o nº da divisão que fica bem em frente ao 0. Na figura temos 20°
"Vernier"
2º Acrescente à leitura acima a função de graus que se obterá no "vernier". Verifique qual a divisão do "vernier" que coincide com o da escala. Na figura é a 5ª divisão à direita do 0. Como cada divisão vale 5', temos 25'. Leitura total = 20° e 25'.

Fig. 14.11

1º) Faça a leitura dos graus completos (graus inteiros) na escala principal.

2º) Leia na escala auxiliar ("vernier") as frações dos graus. Na figura o transferidor oferece divisão até 05'(5 minutos).

Uso do indicador na excentricidade das peças

1º) Ajuste o ponto zero na parte mais baixa da peça.

2º) Gire a peça até o máximo desvio do ponteiro.

Materiał chroniony prawem autorskim

Como fazer a medição de roscas por rolete

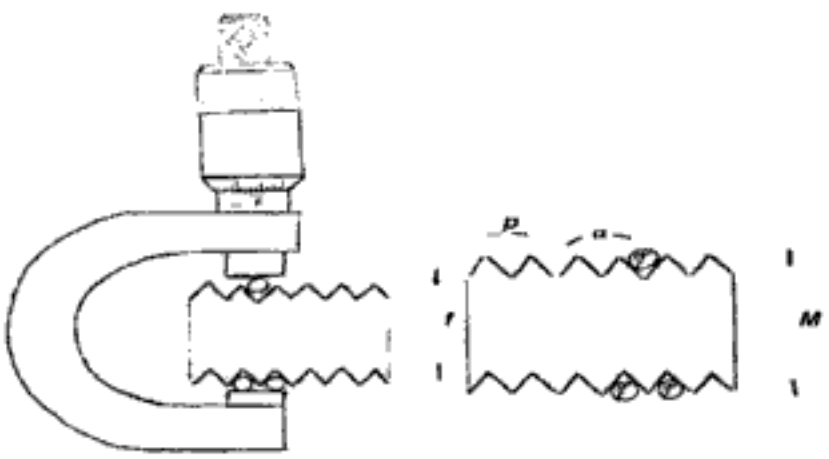


Fig 14.19

P = passo
f = diâmetro médio dos flancos
d = diâmetro do arame de medida
α = ângulo do filete
δ = correção

$d = P \times 0{,}52$ para 20°, 29° e 30°

$d = P \times 0{,}57$ para 55° e 60°

F = Rosca Whitworth de $0{,}6403 \times P$

Rosca internacional SI e Americana Sellers $DE = 0{,}6495 \times P$

$$M = F + d \times \left(1 + \frac{1}{\operatorname{sen}\frac{\alpha}{2}}\right) - \frac{P}{2} \times \operatorname{cotg}\frac{\alpha}{2} = M + \delta$$

$$\delta = \tfrac{1}{2} \times d \times \operatorname{tg}\Psi^2 \times \cos\frac{\alpha}{2} \times \operatorname{cotg}\frac{\alpha}{2}$$

$$tg\,\Psi = \frac{P}{\pi \times F}$$

Exemplo:

Verificar uma rosca de 20 mm, sistema internacional, com 2,5 mm de passo (P), $\alpha = 60°$.

$d = 2{,}5 \times 0{,}57 = 1{,}425$
$F = 20 - 1{,}62375 = 18{,}376$ mm

Material chroniony prawem autorskim

$$M = 18{,}376 + 1{,}4 \times (1 + \frac{1}{0{,}5}) - \frac{2{,}5}{2} \times 1{,}732 = 20{,}41 + \delta$$

$$\delta = \frac{1}{2} \times 1{,}4 \times 0{,}0433^2 \times 0{,}866 \times 1{,}732 = 0{,}0019$$

Podemos concluir que δ é desprezível e a dimensão M sobre os roletes será 20,41.

Como usar e fazer a leitura nos comparadores

O comparador, ou indicador, é usado no centrado de peças, verificação do cilindrado, alinhamento das diferenças de superfícies trabalhadas. Podem ser dispostos em suportes adequados, graminhos, etc. A escala está dividida em 100 partes. Uma volta completa do ponteiro corresponde à diferença de 1 mm (Ver fig. 14.20). Assim, sua precisão se acha:

$$\text{Precisão dos indicadores} = \frac{\text{unidade do mostrador}}{\text{número de divisores no mostrador}} = \frac{1 \text{ mm}}{100} = 0{,}01$$

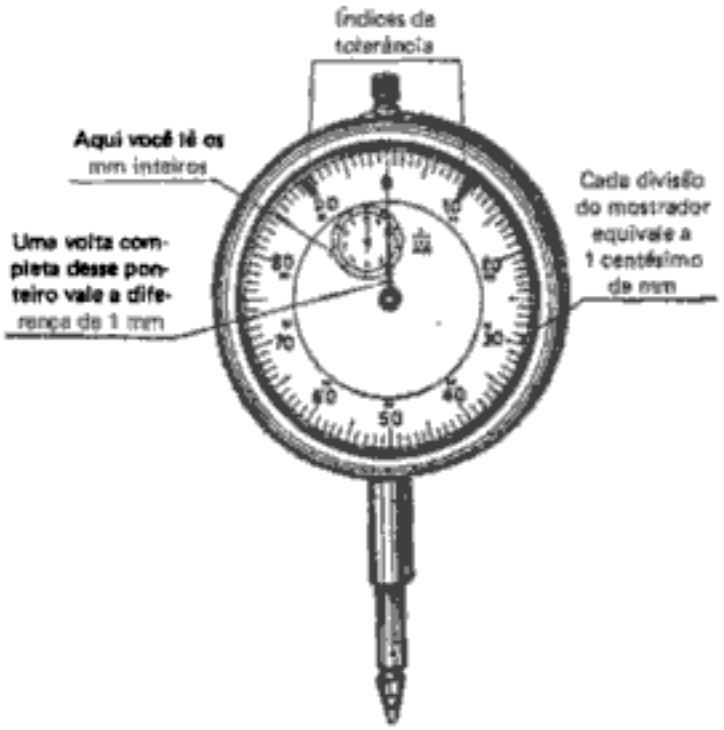

Índices de tolerância
Aqui você lê os mm inteiros
Uma volta completa desse ponteiro vale a diferença de 1 mm
Cada divisão do mostrador equivale a 1 centésimo de mm

Fig. 14.20

Veja também a figura 14.12.

Materiał chroniony prawem autorskim

Como ler medidas em micrômetros de centésimos de milímetro

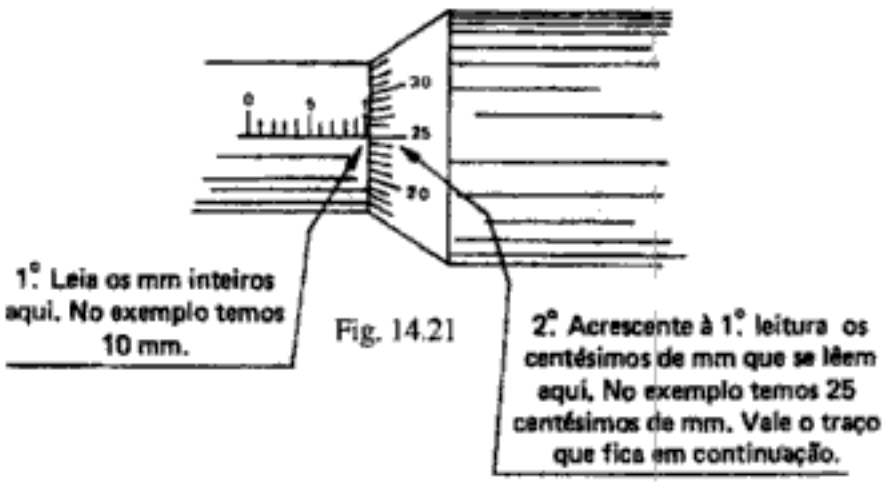

1°. Leia os mm inteiros aqui. No exemplo temos 10 mm.
2°. Acrescente à 1°. leitura os centésimos de mm que se lêem aqui. No exemplo temos 25 centésimos de mm. Vale o traço que fica em continuação.

Fig. 14.21

(Ver fig. 14.21).
1ª leitura em mm — 10 mm.
2ª leitura em centésimos de milímetro feita no tambor — 0,25 mm.
Total da leitura — 10,25 mm.

Como ler micrômetros com precisão até milésimos de mm

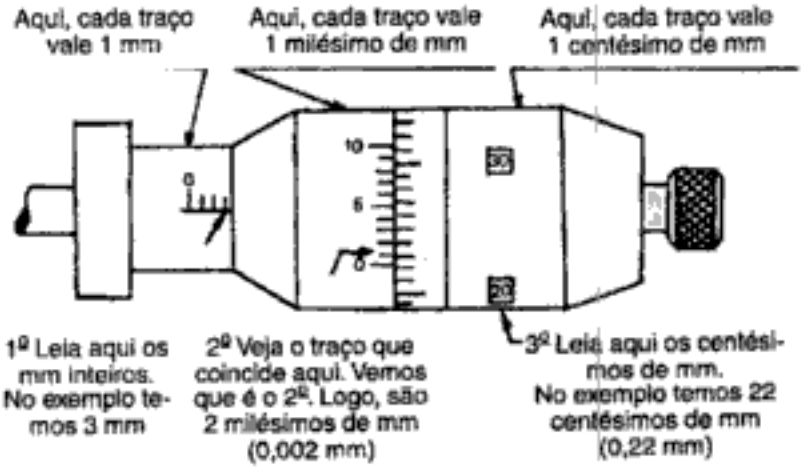

Aqui, cada traço vale 1 mm
Aqui, cada traço vale 1 milésimo de mm
Aqui, cada traço vale 1 centésimo de mm
1º Leia aqui os mm inteiros. No exemplo temos 3 mm
2º Veja o traço que coincide aqui. Vemos que é o 2º. Logo, são 2 milésimos de mm (0,002 mm)
3º Leia aqui os centésimos de mm. No exemplo temos 22 centésimos de mm (0,22 mm)

Fig. 14.22

(Ver fig. 14.22).

1ª leitura	3,000 mm
2ª leitura	0,002 mm
3ª leitura	0,220 mm
Total da leitura	3,222 mm

Veja também micrômetros ultramodernos — pág. 475.

Material chroniony prawem autorskim

Sistema de tolerância de medidas

A adoção da produção de peças em série, ou em linha, obrigou à organização de um sistema de medidas que permitisse uma tolerância para mais ou para menos nas peças, sem prejuízo de suas funções e de seus respectivos ajustes. Consegue-se, com isto, a produção de peças intercambiáveis, isto é, de peças que podem ser trocadas ou montadas sem necessidade de ajuste, dentro de uma grande quantidade.

Vários são os sistemas de tolerância. Entre eles o sistema "American Standard", o "British Standard", e o "International System Organization" (ISO) (inicialmente ISA). Sendo este último o mais usado entre nós, a sua explicação servirá também para o entendimento dos demais, quando for o caso.

Nos sistemas de tolerância, as peças nos desenhos ao invés de receberem somente a medida em milímetros, são acompanhadas de letras e de números, cuja classificação e interpretação se faz hoje importante aos desenhistas, como a qualquer operador no torno, na fresa, na ajustagem etc.

Como interpretar as indicações das peças no sistema "ISO" de tolerâncias de medidas

Vejamos o caso de duas peças: 70H7 e 70s6.

1) O primeiro número (no nosso exemplo 70), indica o diâmetro nominal, e é sempre indicado em MILÍMETRO.

Assim, nos dois exemplos temos duas peças de 70 milímetros de diâmetro. Esse primeiro número, isto é, o diâmetro nominal, é que serve de referência para a consulta nas tabelas de tolerância. Mas a futura peça, de acordo com a tolerância a ela atribuída, poderá ou não ficar com 70 mm ou com alguns milésimos a mais ou a menos. (Veremos isto logo adiante.)

2) Em seguida ao primeiro número, vemos uma letra. (No primeiro exemplo, um *H* maiúsculo e no segundo exemplo, um *s* minúsculo.) No primeiro caso (70H7) trata-se de uma peça fêmea, isto é, furo, porque emprega uma letra maiúscula. No segundo exemplo (70s6) temos uma peça macho, isto é, eixo, porque emprega uma letra minúscula.

Então:

AS LETRAS MAIÚSCULAS INDICAM PEÇA FÊMEA (furo)

AS LETRAS MINÚSCULAS INDICAM PEÇA MACHO (eixo)

Materiał chroniony prawem autorskim

Assim, 70s6, 30s6, 100k6 são exemplos de peças machos, isto é, trata-se de eixos, já 70H7 é uma peça fêmea (furo).

Por fim, vejamos o número final. No nosso exemplo inicial tínhamos 70H7 e 70s6. O número final indica a precisão ou qualidade. Assim:

Nº final de 1 a 5 é empregado em casos de extrema precisão, onde a variação da tolerância é a menor possível, e dado a grande precisão do nº 1 a 4 seu emprego é muito pequeno.

Nº final 6 indica Qualidade 6 — Mecânica muito precisa aplicada em eixos de máquinas operatrizes, retíficas, fresadoras etc.

Nº final 7. Qualidade 7 — MECÂNICA DE PRECISÃO.

Nº final 8. Qualidade 8 — MÉDIA PRECISÃO.

Nº final 9. Qualidade 9 — MECÂNICA CORRENTE.

Nº final 10 e 11. Qualidade 10 e 11 — MECÂNICA ORDINÁRIA.

Nº final de 12 a 16 são usados em mecânica grosseira, peças em bruto etc.

Desses números, os mais usados são a qualidade 6 e 7, na mecânica de construção de máquinas em geral, cuja tabela e uso damos mais à frente.

Então:

Nºs BAIXOS — MAIOR PRECISÃO — MENOR VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA

Nºs ALTOS — MENOR PRECISÃO — MAIOR VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA

Exemplos de interpretação: 350H7. 350 — Diâmetro nominal em mm. *H* indica tratar-se de uma peça fêmea (furo). 7 indica qualidade 7 de mecânica de precisão.

Relação entre as letras das peças machos e as letras das peças fêmeas e vice-versa

Existem dois sistemas: o de furo único e o de eixo único.

O sistema de FURO ÚNICO, conhecido também como de FURO PADRÃO e FURO BASE, é o mais empregado.

Neste sistema, o que varia para dar os diferentes tipos de ajustes que se quer são os eixos. O furo é sempre o mesmo. Ex.: Furo único 30H7. Para esse

Materiał chroniony prawem autorskim

mesmo furo, a variação é dada pelos diferentes tipos de eixos. Assim: 30h7, 30g6, 30m6, 30s6 etc.

Assim, o eixo 30H7 deverá entrar com folga no furo 30H7, porque estando classificado com uma letra inicial indica que seu ajuste será com folga. Já o eixo 30m6, e melhor ainda o eixo 30s6, deverá entrar sob pressão no furo 30H7. A tabela 14.1 à página 484 dá uma idéia melhor sobre esse sistema.

Então:

LETRA INICIAL — AJUSTE COM FOLGA.
LETRA FINAL — AJUSTE COM PRESSÃO

SISTEMA DE EIXO ÚNICO. Existe um único eixo, de uma mesma medida nominal, para vários furos, também da mesma medida nominal. É o inverso do sistema de furo único. Ex.: Eixo único 30h7. Para esse mesmo eixo, existe uma série de furos 30J7, 30K7, 30P7, que devem entrar com folga ou com pressão.

Tipos de ajustes

AJUSTE COM FOLGA — Quando o diâmetro do eixo é sempre inferior ao do furo.

AJUSTE INCERTO — Quando o diâmetro do eixo pode ser levemente menor ou levemente maior que o do furo.

AJUSTE COM INTERFERÊNCIA — Quando o diâmetro do eixo é sempre maior do que o diâmetro do furo.

Na tabela 14.1, página 484, podemos ver esses tipos de ajuste, em relação ao furo único H7.

Outro exemplo: – 180 H7

Número inicial — 180 — diâmetro nominal da peça em mm.

Letra maiúscula — H peça fêmea (furo).

Letra H inicial do alfabeto — tipo de encaixe com folga.

Número final 7 — precisão.

Como usar a tabela de tolerância de medidas (tabela 14.1)

Suponhamos a execução de um furo 70H7. Temos que encontrar a medida máxima e a medida mínima para um diâmetro nominal de 70 mm.

1º) Procuramos situar o nº 70 – que indica o diâmetro nominal. Por conseguinte, temos que procurar na coluna de diâmetro. Encontramos na 1ª coluna à esquerda na linha que diz 65 a 80, onde se situa o nº 70.

Materiał chroniony prawem autorskim

2º) Seguimos essa linha à direita até o ponto correspondente à coluna H, isto é, 3ª coluna de medidas, onde achamos os números 0 e + 30. (Observar que estes 30 são milésimos de milímetros, isto é, 0,030 mm.)

3º) Para sabermos quais as medidas máximas e mínimas que podemos dar à peça, temos que somar os 0,030 mm aos 70 mm da peça, uma vez que o sinal diz +, isto é, somar. Assim:

Medida máxima = 70,0 + 0,030 = 70,030.

Com a medida mínima não temos necessidade de somar nem de subtrair, pois encontramos 0. Assim:

Medida mínima = 70,0 e 0 = 70,0.

Outro exemplo: Seja a peça 200 n 6. Procurar na tabela as medidas máximas e mínimas.

Tabela 14.1

Orientação para uso e entendimento das tolerâncias de medidas "ISO"

("International System Organization")

Sistema Furo Padrão H7

		Furo		Ajustes com interf.				Ajustes incertos								Ajustes com folga					
		H7		s6		r6		n6		m6		k6		j6		h6		g6		f7	
do	até	em milésimo de milímetro (1 mícron)																			
-	-	i	s	s	i	s	i	s	i	s	i	s	i	s	i	s	i	s	i	s	i
–	3	0	+ 9	+ 22	+ 15	+ 10	+ 12	+ 13	+ 6	+ 9	+ 2	–	–	+ 6	– 1	0	– 7	– 3	– 10	– 7	– 10
3	6	0	+ 12	+ 27	+ 19	+ 23	+ 15	+ 16	+ 8	+ 12	+ 4	–	–	+ 7	– 1	0	– 8	– 4	– 12	– 10	– 22
6	10	0	+ 15	+ 32	+ 23	+ 28	+ 19	+ 19	+ 10	+ 15	+ 6	+ 10	+ 1	+ 7	– 2	0	– 9	– 5	– 14	– 13	– 28
10	18	0	+ 18	+ 39	+ 28	+ 34	+ 23	+ 23	+ 12	+ 18	+ 7	+ 12	+ 1	+ 8	– 3	0	– 11	– 6	– 17	– 16	– 34
18	30	0	+ 21	+ 48	+ 35	+ 41	+ 28	+ 28	+ 15	+ 21	+ 8	+ 15	+ 2	+ 9	– 4	0	– 13	– 7	– 20	– 20	– 41
30	50	0	+ 25	+ 59	+ 43	+ 50	+ 34	+ 33	+ 17	+ 25	+ 9	+ 18	+ 2	+ 11	– 5	0	– 16	– 9	– 25	– 25	– 50
50	65	0	+ 30	+ 72	+ 53	+ 60	+ 41	+ 39	+ 20	+ 30	+ 11	+ 21	+ 2	+ 12	– 7	0	– 19	– 10	– 29	– 30	– 60
65	80			+ 78	+ 59	+ 62	+ 43														
80	100	0	+ 35	+ 93	+ 71	+ 73	+ 51	+ 45	+ 23	+ 35	+ 13	+ 25	+ 3	+ 13	– 9	0	– 22	– 12	– 34	– 36	– 71
100	120			+ 101	+ 79	+ 76	+ 54														
120	140	0	+ 40	+ 117	+ 92	+ 88	+ 63	+ 52	+ 27	+ 40	+ 15	+ 28	+ 3	+ 14	– 11	0	– 25	– 14	– 39	– 43	– 83
140	160			+ 125	+ 100	+ 90	+ 65														
160	180			+ 133	+ 108	+ 93	+ 68														
180	200	0	+ 46	+ 151	+ 122	+ 106	+ 77	+ 60	+ 31	+ 46	+ 17	+ 33	+ 4	+ 16	– 13	0	– 29	– 15	– 44	– 50	– 96
200	225			+ 159	+ 130	+ 109	+ 80														
225	250			+ 169	+ 140	+ 113	+ 84														
250	280	0	+ 52	+ 190	+ 158	+ 126	+ 94	+ 66	+ 34	+ 52	+ 20	+ 36	+ 4	+ 16	– 16	0	– 32	– 17	– 49	– 56	– 108
280	315			+ 202	+ 170	+ 130	+ 98														
315	355	0	+ 57	+ 226	+ 190	+ 144	+ 108	+ 73	+ 37	+ 57	+ 21	+ 40	+ 4	+ 18	– 18	0	– 36	– 18	– 54	– 62	– 119
355	400			+ 244	+ 208	+ 150	+ 114														
400	450	0	+ 63	+ 272	+ 232	+ 166	+ 126	+ 80	+ 40	+ 63	+ 23	+ 45	+ 5	+ 20	– 20	0	– 40	– 20	– 60	– 68	– 131
450	500			+ 292	+ 252	+ 172	+ 130														
Diâmetros nominais em milímetros		Ex. furo 30H7. A tabela indica 0 e 0,021 mm. Logo a medida mínima é igual a 30 mm e a máxima 30,021 mm. Eixo 50s6 temos 0,059 mm e 0,043 mm. Logo a medida máxima é 50,059 mm e a mínima é 50,043 mm.		H7s6 Ajuste muito forçado duro, ou encaixe à pressão com esforço a quente.		H7r6 Ajuste forçado duro, ou encaixe à pressão com esforço.		H7n6 Ajuste forçado ou encaixe forçado.		H7m6 Ajuste forçado leve ou encaixe de aderência forçado.		H7k6 Ajuste aderente duro ou encaixe de aderência.		H7j6 Ajuste aderente ou encaixe de entrada suave.		H7h6 Ajuste deslizante ou encaixe de deslizamento		H7g6 Ajuste semi-rotativo ou encaixe justo.		H7f7 Ajuste rotativo ou encaixe de jogo livre.	

Veja outros ajustes na tabelas 14.3 e 14.4.

Materiał chroniony prawem autorskim

1º) Procuramos 200 (diâmetro da peça) na coluna de diâmetros. Encontramos dois números 200. Um de 180 a 200 e outro de 200 a 225. Tomamos sempre a 1ª linha, isto é, a de cima, que no caso indica 180 a 200.

Seguimos, então, nesta linha para a direita até à coluna da letra *n*. Encontramos + 0,060 e + 0,031. (Na tabela aparecem inteiros, na realidade são milésimos de milímetro.) O sinal + (mais) indica que temos que acrescentar esse número ao diâmetro da nossa peça, isto é, aos 200 mm.

Assim:

200 + 0,060 = 200,060 mm
200 + 0,031 = 200,031 mm

Vê-se logo que 200,060 é a medida máxima e 200,031 é a medida mínima.

Isto significa que a peça 200 n 6 poderá ter uma variação de medida que vai de 200,031 (duzentos milímetros e trinta e um milésimos de milímetro) até 200,060 (duzentos milímetros e sessenta milésimos de milímetro). Desde que o operador faça a peça dentro dessas duas medidas limites, isto é, 200,031 — 200,032 — 200,033 — 200,034 — 200,035 e assim sucessivamente até 200,060, a peça está dentro da tolerância, o que se verifica com calibres especiais de tolerância.

O que, porém, não pode, é a peça ficar com medida inferior a 200,031 mm ou superior a 200,060 mm.

Outro exemplo do uso da tabela: seja achar na tabela a medida máxima e a medida mínima para um eixo 130 j 6.

1º) Procuramos 130 na coluna de diâmetro (1ª à esquerda). Achamos na linha onde se lê 120 140, onde se situa o nº 130.

2º) Seguimos nesta linha até a coluna correspondente à letra *j*. Nesta coluna encontramos + 14 e – 11, isto é, + 0,014 e – 0,011 mm. Obedecendo o que diz o sinal, temos:

130,0 + 0,014 = 130,014 mm
130,0 – 0,011 = 129,989 mm

Donde 130,014 é o diâmetro máximo do eixo e 129,989 é o diâmetro mínimo do eixo. Dentro dessas medidas limites a peça pode ter as suas variações sem que isto afete o bom desempenho da mesma.

Atenção: As verificações de tolerância se referem a temperaturas de 20°C.

Material chroniony prawem autorskim

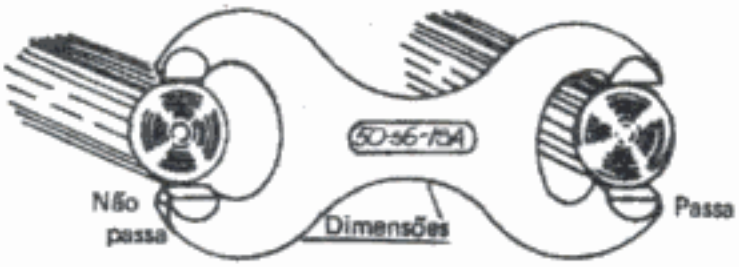


Fig. 14.25

Acima vemos um calibre de tolerância para peças machos (eixos). Para que o eixo esteja dentro da tolerância deve passar no lado de sua medida máxima, e não passar no lado da medida mínima do calibre (fig. 14.25).

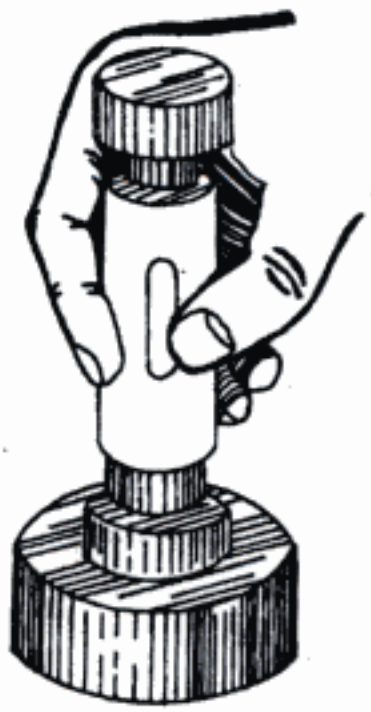
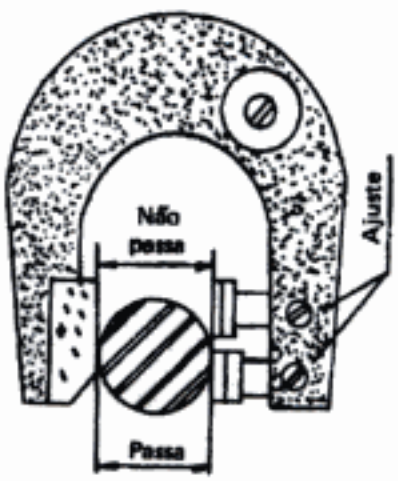


Fig. 14.26

Acima temos um calibre de tolerância para peças fêmeas (furos). Para o furo estar dentro da tolerância o calibre "deve entrar" no lado da medida mínima e "não entrar" no lado da medida máxima (fig. 14.26).

Abaixo temos outro tipo de verificador de tolerâncias para peças machos (eixos) que pode ser regulado. Vemos que a peça boa deve passar na primeira abertura, e não passar na segunda abertura (fig. 14.27).

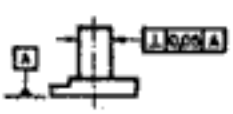
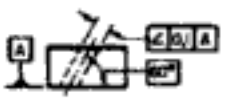
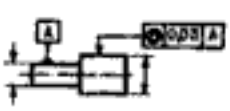
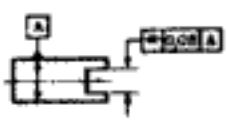
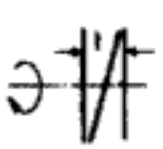
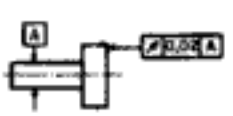


Calibre de boca de tolerância ajustável

Fig. 14.27

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 14.2
Tolerâncias de posição

Símbolos de tolerância e características toleradas			Exemplos de aplicação		
			Zona de tolerância	Inscrição no desenho	Interpretação
Orientação	Posição //	Paralelismo De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência.			O eixo tolerado deve estar dentro de um cilindro de diâmetro t = 0,1 paralelo ao eixo de referência.
	⊥	Perpendicularidade De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência.			O eixo do cilindro deve estar incluído entre duas retas distantes de t = 0,05 perpendiculares ao plano de referência.
	∠	Inclinação De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou de um plano de referência.			O eixo de furação deve estar incluído entre duas linhas paralelas distantes de t = 0,1 e formando com o plano de referência um ângulo de 60°.
Situação	⌖	Localização De linhas, eixos ou superfícies entre si ou em relação a um ou mais elemen-tos de referência.			O eixo do furo deve estar incluído dentro de um cilindro de diâmetro t = 0,05 cujo eixo está na posição geometricamente exata, especificada pelas cotas marcadas.
	◎	Co-axialidade (Concentricidade) de um eixo ou de um ponto de referência.			O eixo de simetria da parte tolerada da árvore deve estar incluído dentro de um cilindro de diâmetro t = 0,03 cujo eixo coincide com o eixo de referência.
	⌯	Simetria De um plano médio ou de uma linha média (eixo) em relação a uma reta ou plano de referência.			O plano médio do canal deve estar entre dois planos paralelos distantes de t = 0,08 e deve estar simétrico ao plano médio de referência.
Balanço	↗	Balanço radial ou axial de um elemento em relação ao seu eixo de rotação.			Numa revolução completa da peça em torno do eixo de referência A, o balanço axial da superfície frontal não deve superar o valor da tolerância t = 0,02.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 14.4

Furo tolerâncias (Eixos) "ISO"

D mm	H_8	d_{10}	c_9	f_8	h_8	h_7	j_7	k_7	m_7	n_7	r_7	s_7
1 a 3	+ 14 0	− 20 − 60	− 14 − 39	− 7 − 21	0 − 14	0 − 9	+ 7 − 2			+ 15 + 6	+ 21 + 12	+ 24 + 15
3 a 6	+ 18 0	− 30 − 78	− 20 − 50	− 10 − 28	0 − 18	0 − 12	+ 9 − 3			+ 20 + 8	+ 27 + 15	+ 31 + 19
6 a 10	+ 22 0	− 40 − 98	− 25 − 61	− 13 − 35	0 − 22	0 − 15	+ 10 − 5	+ 16 + 1	+ 21 + 6	+ 25 + 10	+ 34 + 19	+ 38 + 23
10 a 14	+ 27 0	− 50 − 120	− 32 − 75	− 16 − 43	0 − 27	0 − 18	+ 12 − 6	+ 19 + 1	+ 25 + 7	+ 30 + 12	+ 41 + 23	+ 46 + 28
14 a 18	+ 27 0	− 50 − 120	− 32 − 75	− 16 − 43	0 − 27	0 − 18	+ 12 − 6	+ 19 + 1	+ 25 + 7	+ 30 + 12	+ 41 + 23	+ 46 + 28
18 a 24	+ 33 0	− 65 − 149	− 40 − 92	− 20 − 53	0 − 33	0 − 21	+ 13 − 8	+ 23 + 2	+ 29 + 8	+ 36 + 15	+ 49 + 28	+ 56 + 35
24 a 30	+ 33 0	− 65 − 149	− 40 − 92	− 20 − 53	0 − 33	0 − 21	+ 13 − 8	+ 23 + 2	+ 29 + 8	+ 36 + 15	+ 49 + 28	+ 56 + 35
30 a 40	+ 39 0	− 80 − 180	− 50 − 112	− 25 − 64	0 − 39	0 − 25	+ 15 − 10	+ 27 + 2	+ 34 + 9	+ 42 + 17	+ 59 + 34	+ 68 + 43
40 a 50	+ 39 0	− 80 − 180	− 50 − 112	− 25 − 64	0 − 39	0 − 25	+ 15 − 10	+ 27 + 2	+ 34 + 9	+ 42 + 17	+ 59 + 34	+ 68 + 43
50 a 65	+ 46 0	− 100 − 220	− 60 − 134	− 30 − 76	0 − 46	0 − 30	+ 18 − 12	+ 32 + 2	+ 41 + 11	+ 50 + 20	+ 71 + 41	+ 83 + 53
65 a 80	+ 46 0	− 100 − 220	− 60 − 134	− 30 − 76	0 − 46	0 − 30	+ 18 − 12	+ 32 + 2	+ 41 + 11	+ 50 + 20	+ 73 + 43	+ 89 + 59
80 a 100	+ 54 0	− 120 − 260	− 72 − 159	− 36 − 90	0 − 54	0 − 35	+ 20 − 15	+ 38 + 3	+ 48 + 13	+ 58 + 23	+ 86 + 51	+ 106 + 71
100 a 120	+ 54 0	− 120 − 260	− 72 − 159	− 36 − 90	0 − 54	0 − 35	+ 20 − 15	+ 38 + 3	+ 48 + 13	+ 58 + 23	+ 89 + 54	+ 114 + 79
120 a 140	+ 63 0	− 145 − 305	− 85 − 185	− 43 − 106	0 − 63	0 − 40	+ 22 − 18	+ 43 + 3	+ 55 + 15	+ 67 + 27	+ 103 + 65	+ 132 + 92
140 a 160	+ 63 0	− 145 − 305	− 85 − 185	− 43 − 106	0 − 63	0 − 40	+ 22 − 18	+ 43 + 3	+ 55 + 15	+ 67 + 27	+ 105 + 65	+ 140 + 100
160 a 180	+ 63 0	− 145 − 305	− 85 − 185	− 43 − 106	0 − 63	0 − 40	+ 22 − 18	+ 43 + 3	+ 55 + 15	+ 67 + 27	+ 108 + 68	+ 148 + 108
180 a 200	+ 72 0	− 170 − 335	− 100 − 215	− 50 − 122	0 − 72	0 − 46	+ 25 − 21	+ 50 + 4	+ 63 + 17	+ 77 + 31	+ 123 + 77	+ 168 + 122
200 a 225	+ 72 0	− 170 − 335	− 100 − 215	− 50 − 122	0 − 72	0 − 46	+ 25 − 21	+ 50 + 4	+ 63 + 17	+ 77 + 31	+ 126 + 80	+ 176 + 130
225 a 250	+ 72 0	− 170 − 335	− 100 − 215	− 50 − 122	0 − 72	0 − 46	+ 25 − 21	+ 50 + 4	+ 63 + 17	+ 77 + 31	+ 130 + 84	+ 186 + 140
250 a 280	+ 81 0	− 190 − 400	− 110 − 240	− 56 − 137	0 − 81	0 − 52	+ 26 − 26	+ 56 + 4	+ 72 + 20	+ 86 + 34	+ 146 + 94	+ 210 + 158
280 a 315	+ 81 0	− 190 − 400	− 110 − 240	− 56 − 137	0 − 81	0 − 52	+ 26 − 26	+ 56 + 4	+ 72 + 20	+ 86 + 34	+ 150 + 98	+ 222 + 170
315 a 355	+ 89 0	− 210 − 440	− 125 − 265	− 62 − 151	0 − 89	0 − 57	+ 29 − 28	+ 61 + 4	+ 78 + 21	+ 94 + 37	+ 165 + 108	+ 247 + 190
355 a 400	+ 89 0	− 210 − 440	− 125 − 265	− 62 − 151	0 − 89	0 − 57	+ 29 − 28	+ 61 + 4	+ 78 + 21	+ 94 + 37	+ 171 + 114	+ 265 + 208
400 a 450	+ 97 0	− 230 − 480	− 135 − 290	− 68 − 165	0 − 97	0 − 63	+ 31 − 32	+ 68 + 5	+ 86 + 23	+ 103 + 40	+ 189 + 126	+ 295 + 232
450 a 500	+ 97 0	− 230 − 480	− 135 − 290	− 68 − 165	0 − 97	0 − 63	+ 31 − 32	+ 68 + 5	+ 86 + 23	+ 103 + 40	+ 195 + 132	+ 315 + 252

Milésimos de mm (mícron)

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 14.5
TOLERÂNCIAS ASA, ORIENTAÇÃO, APLICAÇÃO E TOLERÂNCIAS

Classes de Ajustes ou montagens	ORIENTAÇÃO	APLICAÇÃO	Folga mínima entre o D do furo e o D do eixo	Tolerância do eixo ou pino	Tolerância do furo
1 – Móvel folgada	Movimentação livre entre as peças.	Classe 1. Máquinas agrícolas, minerais, têxteis, panificação, confeitaria e gerais, alguns armamentos.	$0{,}0025\sqrt[3]{D^2}$	$-0{,}0025\sqrt[3]{D}$	$+0{,}0025\sqrt[3]{D}$
2 – Móvel livre	Folga entre peças. Velocidades de 600 rpm e pressões de 600 psi.	Classe 2. Dínamos, motores de combustão interna, alguma mecânica de autos e máquinas.	$0{,}0014\sqrt[3]{D^2}$	$-0{,}0013\sqrt[3]{D}$	$+0{,}013\sqrt[3]{D}$
3 – Móvel média	Folga média. V. abaixo de 600 rpm e pressões menores de 42 kg/cm².	Classe 3. Partes de máquinas operatrizes, peças de autos.	$0{,}009\sqrt[3]{D^2}$	$-0{,}0008\sqrt[3]{D}$	$+0{,}0008\sqrt[3]{D}$
4 – Deslizante justa	Folga nula. Ajustes sem movimento.	Classe 4. Manivelas, engrenagens, polias, acoplamentos, anéis.	0,0000	$-0{,}0004\sqrt[3]{D}$	$+0{,}0006\sqrt[3]{D}$
5 – Incerta rotativa dura.		Classe 5. Sem folga. Ajuste seletivo sem intercambiável.	Aperto ou interferência média. 0,0000	$+0{,}0004\sqrt[3]{D}$	$+0{,}0006\sqrt[3]{D}$
6 – Pressão leve	Montagem de caráter permanente. Máquinas, armas, carros.	Classe 6. Interferência no ajuste exigindo leve pressão na montagem.	0,0025 D	$+0{,}0006\sqrt[3]{D}$	$+0{,}006\sqrt[3]{D}$
7 – Pressão média	Interferência maior. Montagem permanente.	Classe 7. Rodas de locomotivas, armaduras de dínamos e motores eixos e árvores, coroa dentada de volantes.	0,0005 D	$+0{,}0006\sqrt[3]{D}$	$+0{,}006\sqrt[3]{D}$
8 – Pressão elevada ou contração	Grande interferência. Montagem com pressão a quente.	Classe 8. Aros externos das rodas locomotivas e peças de montagem em contração a quente.	0,001 D	$+0{,}0006\sqrt[3]{D}$	$+0{,}0006\sqrt[3]{D}$

Material chroniony prawem autorskim

A importância da rugosidade superficial

Quando na usinagem, por exemplo, se usa um passo excessivo em relação ao avanço, ou uma ferramenta trepida, aparecem irregularidades de superfície, que os técnicos chamam de erros macrogeométricos, e que os aparelhos convencionais podem acusar.

Já a rugosidade superficial, espécie de erosões microscópicas deixadas pelas usinagens e imperceptíveis ao olho humano (os técnicos chamam de erros microgeométricos) só podem ser acusados por aparelhos especiais (apalpadores de pontas finíssimas de raio de 1 mícron) que gravam perfis ou projetam em uma tela (Rugosímetros, Perfilógrafos).

Com o avanço da tecnologia, necessidade cada vez maior de precisão, e problemas ligados a atrito, ajustes e tolerâncias, a rugosidade superficial tornou-se importante, já sendo comum, nos contratos de fornecimento de peças entre firmas, haver exigência de especificações de rugosidade superficial.

Desenhistas, torneiros, ajustadores, ferramenteiros, etc. vão ter necessidade cada vez maior de conhecimentos sobre as indicações, interpretações e símbolos usados no país e internacionalmente sobre rugosidade superficial.

Por esse motivo, nas páginas seguintes daremos explicações sobre o assunto.

Por outro lado, como poucas são as firmas que possuem rugosímetros, nós estamos dando uma tabela de suma importância que dá uma orientação sobre as faixas de rugosidade que os diferentes tipos de usinagens podem deixar.

A situação da rugosidade dentro da faixa depende da afiação bem ou mal conduzida. Daí o valor da afiação, razão por que neste Manual insistimos em explicações sobre o assunto.

Outro aspecto útil da tabela é a relação entre mícron e micropolegada.

Como interpretar os símbolos e as indicações internacionais da rugosidade superficial nos desenhos e nos projetos

Nos países que usam a polegada, a rugosidade superficial é indicada em micropolegada, ou seja, a milionésima parte da polegada, ou ainda uma polegada dividida por um milhão $\frac{(1\ \text{pol})}{1.000.000}$.

Nos países que usam o sistema decimal, a indicação é feita em mícron, ou seja, a milésima parte de um milímetro $\frac{(1\ \text{mm})}{1.000}$.

Material chroniony prawem autorskim

Abaixo, vemos o símbolo da rugosidade superficial e suas proporções. (Sobre o símbolo usado pela ABNT e suas proporções, veja a pág. 492).

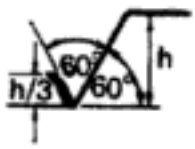


Fig. 14.28

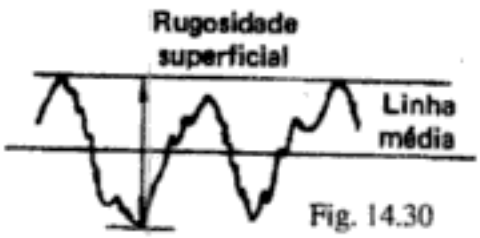
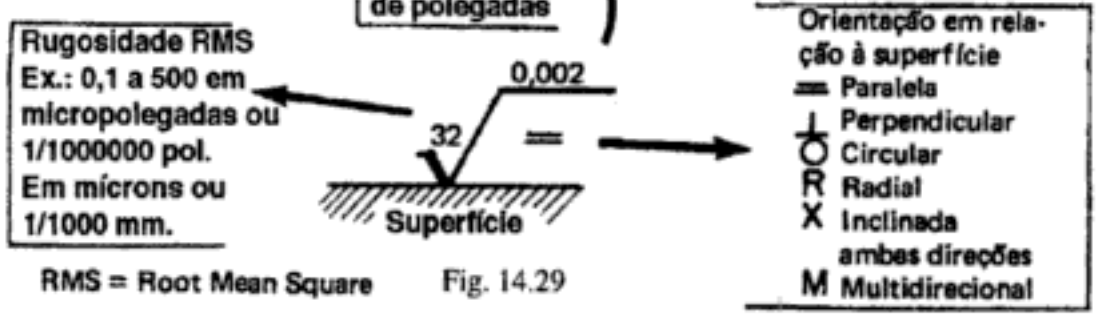


Fig. 14.30


Ondulação altura do pico em mícrons ou milésimos de polegadas
Rugosidade RMS Ex.: 0,1 a 500 em micropolegadas ou 1/1000000 pol. Em mícrons ou 1/1000 mm.
0,002
32
Superfície
Orientação em relação à superfície
= Paralela
⊥ Perpendicular
O Circular
R Radial
X Inclinada ambas direções
M Multidirecional

RMS = Root Mean Square

Fig. 14.29

A *rugosidade* é indicada na abertura do V, conforme mostra o nº 32 na figura acima. O número pode, conforme o país de origem, estar em milésimo de milímetro ou em milionésimo da polegada. Por rugosidade se entende o desvio médio da superfície média, ou seja, o desvio quadrático.

A *ondulação* é indicada em cima do traço horizontal do V. Na figura acima é 0,002. Este número, conforme o país de origem, pode estar em milésimos de milímetro ou micropolegada. Por ondulação se entende a altura média entre o vale e o pico (Ver fig. 14.30).

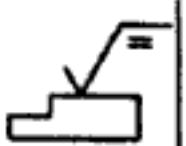
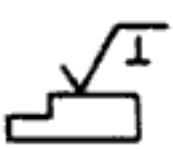
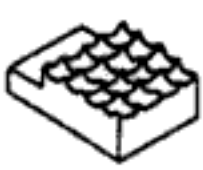
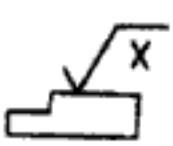
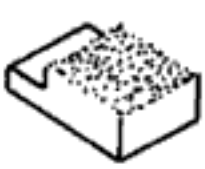
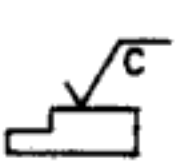
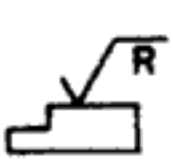
Quando não há indicação de ondulação, não há necessidade do traço horizontal do V. No nosso país, segundo as normas da ABNT, em cima do traço fica a indicação da usinagem a executar: tornear, fresar, etc.

Material chroniony prawem autorskim

Rugosidade Superficial

Sinais convencionais, usados nos desenhos para a indicação da orientação dos sulcos. (De acordo com a norma da "ABNT", NB 93, 1964).

Tabela 14.6

Perspectiva esquemática	Indicação no desenho	Orientação dos sulcos	Direção da medição da rugosidade ou do plano do perfil. Sinal usado embaixo do traço horizontal do V.
		Os sulcos devem ser orientados paralelamente ao traço da superfície sobre o qual o símbolo se apóia no desenho.	Perpendicular à direção dos sulcos. Sinal: =
		Os sulcos devem ser orientados em direção normal ao traço da superfície sobre o qual o símbolo se apóia no desenho.	Perpendicular à direção dos sulcos. Sinal: ⊥ (T invertido)
		Os sulcos devem ser orientados segundo duas direções cruzadas.	Segundo a bissetriz dos ângulos formados pelas direções dos sulcos. Sinal: ×
		Os sulcos devem ser orientados segundo várias direções (sulcos multidirecionais).	Em qualquer direção. Sinal: M
		Os sulcos devem ser aproximadamente concêntricos com o centro da superfície à qual o símbolo se refere.	Radial. Sinal: C
		Os sulcos devem ser orientados segundo direções aproximadamente radiais em relação ao centro da superfície à qual o símbolo se refere.	Normal a um raio Sinal: R

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 14.7

Acabamento superficial

Usinagem ou processo	Micropolegada R.M.S.	Mícrons	CLA aprox. micropol.	"Cut off" micropol.
Lapidação	0,5 a 16	0,012 a 0,4	1-16	0,01-0,03"
Superacabamento	0,5 a 16	0,012 a 0,4	1-8	0,01-0,03"
Polimento	0,5 a 32	— —	1-16	0,03-0,1"
Retífica de precisão	2 a 16	0,05 a 0,4	—	—
Broqueamento com diamante	2 a 16	0,05 a 0,4	8-16	0,01-0,03"
Polimento fino	— —	— —	4-16	0,03-0,1"
Tornear com diamante	4 a 32	0,1 a 0,8	8-16	0,01-0,03"
Espelhamento	— —	— —	4-32	0,01-0,03"
Laminação polida	4 a 32	0,1 a 0,8	—	—
Acabamento de tubos em armas	4 a 63	0,1 a 1,6	—	—
Retificação	— —	— —	4-63	0,01-0,03 0,1"
Dente de engrenagem	8 a 63	0,2 a 1,6	—	—
Fresagem com carboneto (metal duro)	8 a 63	0,2 a 1,6	—	—
Retífica comum	16 a 125	0,4 a 3,2	—	—
Broqueadeiras	16 a 1000	0,4 a 2,5	—	—
Brocheamento (ver pág. 304)	16 a 250	0,4 a 6,2	32-125	0,03-0,1"
Acabamento no torno	16 a 250	0,4 a 6,2	16-250	0,03-0,1"
Fresagem com aço rápido	32 a 2000	0,8 a 50	—	—
Furação com braços	32 a 500	0,8 a 12,4	—	—
Eletroerosão	— —	— —	63-250	0,01-0,03"
Plainas	63 a 2000	1,6 a 50	63-500	0,03-0,1-1"
Esmerilhamento	0,2 a 16	— —	—	—
Esmerilhamento grosseiro	125 a 2000	3,2 a 50	—	—
Corte por serra	125 a 2000	3,2 a 50	—	—
Torneamento grosseiro	250 a 2000	6,2 a 50	—	—
Corte por maçarico	250 a 2000	6,2 a 50	—	—
Fundição a pressão	32 a 125	— —	—	—

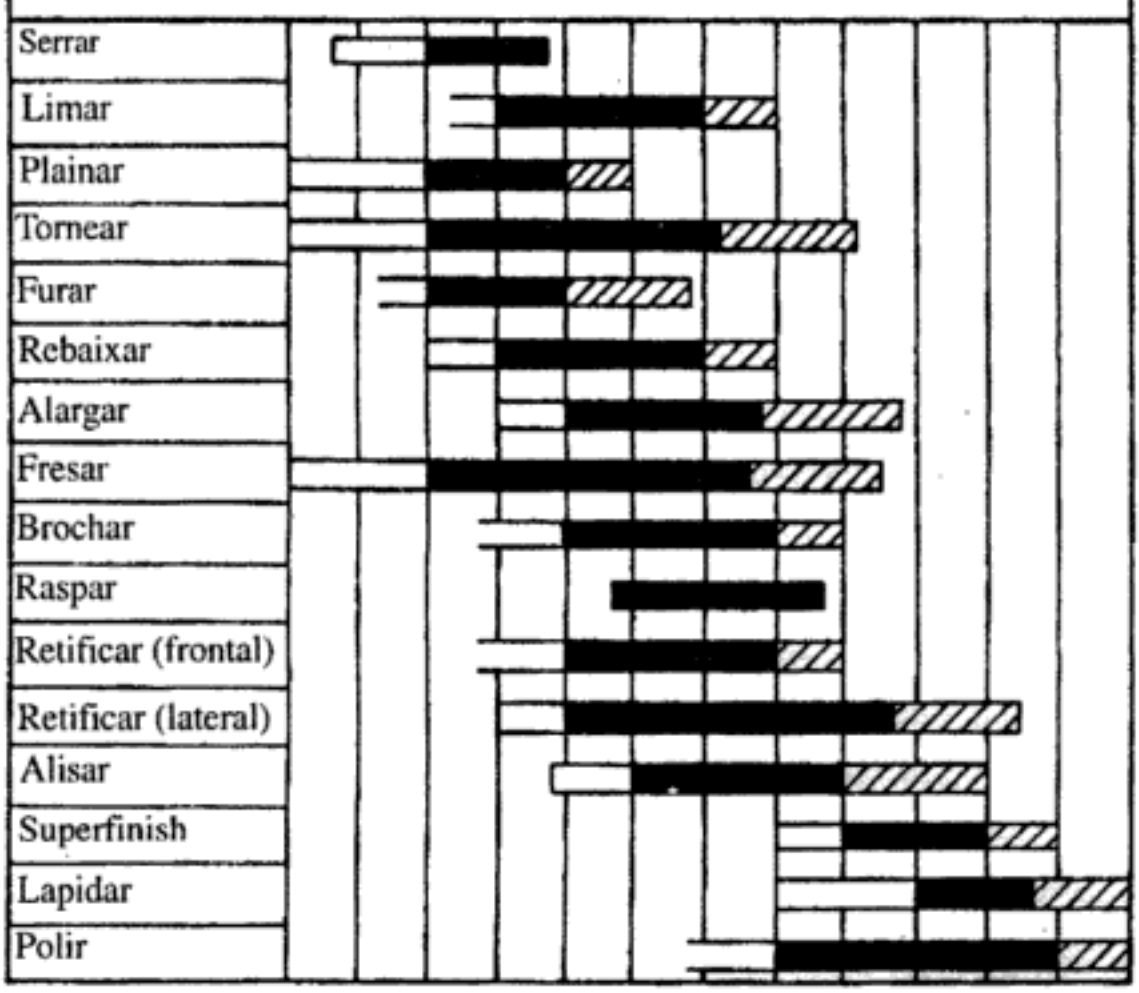
(As normas de rugosidade no Brasil estão regulamentadas pela P-NB-93-ABNT-62).

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 14.8
Rugosidades obtidas pelos diferentes processos de usinagem

Grupos de rugosidades	▽			▽▽			▽▽▽			▽▽▽▽		
Rugosidade máxima valores em Ra (μm)	50			6,3			0,8			0,1		
Classes de rugosidades	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1
Rugosidade máxima valores em Ra (μm)	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025

Informações sobre os resultados de usinagem



Rugosidade realizável com usinagem comum

Rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais

Faixa para um desbaste superior

Unidade da rugosidade em Ra 1 mm = 0,001 μm

Materiał chroniony prawem autorskim

Capítulo 15

Matemática industrial

Aritmética

Frações ordinárias

Soma de frações ordinárias

1º Acha-se o Mínimo Múltiplo Comum.

Ex.: $\frac{1}{2}+\frac{3}{4}=\frac{4}{8}+\frac{6}{8}=\frac{10}{8}$

$\frac{10}{8}=10\div 8=1\frac{2}{8}=1\frac{1}{4}$

Subtração de frações ordinárias

1º Acha-se o Mínimo Múltiplo Comum.

Ex.: $\frac{3}{4}-\frac{2}{3}=\frac{9}{12}-\frac{8}{12}=\frac{1}{12}$

Multiplicação de frações

Ex.: $\frac{3}{4}\times\frac{1}{3}=\frac{3}{12}=\frac{1}{4}$

Materiał chroniony prawem autorskim

Numerador × numerador
Denominador × denominador

Divisão de frações

$$\text{Ex.: } \frac{3}{4} \div \frac{2}{3} = \frac{3 \cdot 3}{4 \cdot 2} = \frac{9}{8} = 1\frac{1}{8}$$

Invertemos a 2a fração (o divisor) e mudamos o sinal de dividir para o de multiplicar.

Simplificação de frações ordinárias

$$\text{Ex.: } \frac{8}{12} \cdot \frac{8 \div 4}{12 \div 4} = \frac{2}{3}$$

Dividimos o numerador e o denominador pelo mesmo número que dê divisão exata.

Multiplicação de decimais

1º Ex.: $1{,}42 \times 0{,}2 = 2{,}84$

1º) Multiplicamos como se fossem inteiros

2º) 1,42 tem 2 números à direita da vírgula (,42), 0,2 só tem um. São 3. Contamos 3 nºs no resultado da direita para a esquerda e colocamos a vírgula.

2º Ex.: 1,04 = 2 números
0,02 = 2 números

0,02 08 = 4 números

Devemos pôr a vírgula no 4º número. Não existindo, preenchemos com zero para colocar a vírgula.

Materiał chroniony prawem autorskim

2º CASO: Número decimal dividido por número decimal.

1º Exemplo:
Seja dividir 1,5 por 1,52.

1) 1,5 | 1,52

1) 1,5 tem só uma casa depois da vírgula. 1,52 tem 2 casas. Com zero acrescentado ao número que tiver menor número de casas decimais nós igualamos, isto é, deixamos ambos os números com o mesmo número de casas decimais. Assim:

2) 1,50 | 1,52

2) 1,5 passa a 1,50 sem alterar o valor. Agora podemos dividir como se fossem 2 números inteiros.

3) 1 500 | 1,52
1320 0,98
104

3) Quando a divisão não resulta exata havendo resto e nós quisermos continuar a divisão para termos maior precisão no resultado, em décimos, nós colocamos uma vírgula no quociente e zero no divisor. Se ainda houver resto, como vemos no exemplo que estamos mostrando, e quisermos continuar a divisão até centésimos, basta irmos acrescentando zeros ao dividendo.

2º Exemplo:

1) 2,5 | 1,52

1) 1,52 tem 2 casas depois da vírgula e 2,5 só uma. Acrescentamos um zero a 2,5 que passa a 2,50 e agora dividimos 2,50 por 1,52 como se fosse uma divisão normal de inteiros. Assim:

2) 2,50 | 1,52

3) 250 | 152
0980 1,64
0680
072

2) Havendo resto, colocamos vírgula no quociente e zero no dividendo. Daí para frente, se ainda continuar havendo resto, para prosseguirmos a divisão, basta irmos acrescentando zeros ao dividendo.

3º CASO: Divisão de número inteiro por número decimal.

Ex.: Dividir 5250 por 1,5.

1) 5250 | 1,5

1) O divisor 1,5 tem 1 casa decimal. 5250, que é o dividendo, não tem nenhuma.

Material chroniony prawem autorskim

2) 52 500 | 15
07 5 3 500
0 000

2) Colocamos um zero no dividendo, isto é, em 5250 e dividimos normalmente como se fossem números inteiros. (Se o divisor tivesse 2 casas decimais, colocaríamos 2 zeros no dividendo e assim por diante.)

2º Exemplo: 1703 ÷ 4,15

1) 170300 | 4,15
0430 410
0150

1) Como ainda sobra resto (150), poderíamos continuar a divisão colocando uma vírgula no quociente e zero no dividendo.

Operações com graus, minutos e segundos de ângulos

Um grau de ângulo tem 60 minutos
abreviatura de minutos:
Um minuto de ângulo tem 60 segundos
abreviatura de segundos:

Somar: Tenho 2 ângulos. Um de 10°50' e o outro de 4°20'. Qual o valor dos 2 reunidos?

$$\begin{array}{r} 10°50' \\ +\ 4°20' \\ \hline 14°70' \end{array}$$

Observe: Se um grau tem 60', em 70' nós temos um grau e sobram 10'. Então 14°70' = 15°10'.

Subtrair: Tenho um ângulo de 45°45'. Tenho que tirar um outro de 12°45'.

$$\begin{array}{r} 45°45' \\ -\ 12°15' \\ \hline 33°30' \end{array}$$

O que é ângulo complementar

Complemento de um ângulo ou ângulo complementar é o que falta em graus ou minutos para esse ângulo chegar a 90°. Na figura ao lado o comple-

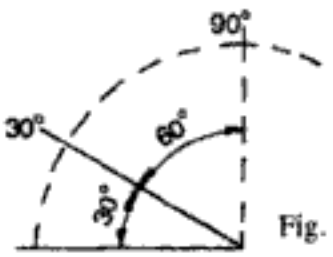


Fig. 15.1

60° é o complemento do ângulo de 30°, isto é, o que falta para o ângulo de 30° chegar a 90°.

Materiał chroniony prawem autorskim

mento do ângulo de 30° é o ângulo de 60°, pois é o quanto falta para esse ângulo chegar a 90°. O complemento de um ângulo refere-se sempre a 90°.

Nem sempre um ângulo aparece em números redondos como 30°, 40° e 50° etc. É comum aparecer com frações em minutos como 30° e 40' ou 50° e 20', etc.

Veremos a seguir como proceder nestes casos.

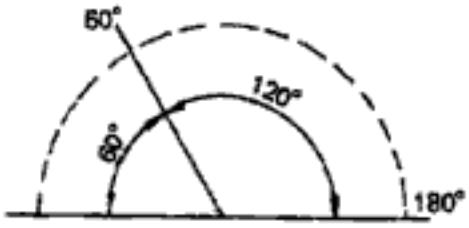


Fig. 15.2

Quanto falta em graus para o ângulo de 60° chegar a 180°? = 120°. 120° é o **Suplemento** do ângulo de 60°, isto é, o que falta para 180°.

1º Ex.: Determinar o complemento de um ângulo de 30° e 40'. Sabemos que complemento é o quanto falta para o ângulo chegar a 90°. Então, fazendo uma subtração de 30°40' sobre 90°, a diferença será o complemento.

```
  90°
- 30°40'
--------
 (89°)
  90° 60'
  30° 40'
--------
  59° 20'
```

1) Colocamos graus embaixo de graus.

2) Emprestamos 1° de 90°, e obtemos 89° e passamos 1° na forma de minutos para a coluna de minutos. Como 1° = 60 minutos, o 1° emprestado para a coluna de minutos passa a figurar aí como 60'. Agora subtraímos normalmente.

Prova

```
  30° 40'
+ 59° 20'
---------
  89° 60'
  90°
```

A *prova* é feita somando o resultado obtido (o complemento) ao número de graus do ângulo que tínhamos. Achamos 89° e 60'. Ora, 60' = 1° então 89° + 1° (dos 60') temos 90°.

2º Ex.: Determinar o complemento do ângulo 55°30'20".

1) Colocamos graus embaixo de graus

```
  90°
55°30'20"
---------
```

Material chroniony prawem autorskim

2) De 90° retiramos 1°. Ficam 89°. O 1° retirado levamos para a coluna de minutos. Como 1° grau é igual a 60' colocamos aí 60'. Para preencher o vazio da coluna de segundos emprestamos 1 minuto para a coluna de segundos. Como 1 minuto tem o valor de 60 segundos, o 1 minuto emprestado passa aí, na coluna de segundos, a ter o valor em segundos, isto é, 60 segundos, e a coluna de minutos passa a ficar com 59', como vemos na conta abaixo:

$$\begin{array}{r} 89^\circ\ 59'\ 60'' \\ 90^\circ\ 60'\ 60'' \\ 55^\circ\ 30'\ 20'' \\ \hline 34^\circ\ 29'\ 40'' \end{array}$$

Prova

Somando o resultado obtido com o ângulo que tínhamos, temos 89°59' e 60". Ora, 60" é igual a 1 minuto. Passamos os 60" para a coluna de minutos. Temos, então, 89° e 60'.

Então 89° e 60' é o mesmo que 90°, porque 60' é igual a 1 grau, que passado para a coluna de graus nos dá 90°.

Como determinar o suplemento de um ângulo

Suplemento de um ângulo é a diferença que existe para um ângulo chegar a 180°.

Ex.: Determinar o suplemento do ângulo de 120° 50' e 40".

1) 120° 50' e 40". É idêntico ao que ensinamos em complemento, com a única diferença de efetuarmos a conta com 180°.

$$\begin{array}{rr} & 180^\circ \\ - & 120^\circ\ 50'\ 40'' \\ \hline \end{array}$$

2) De 180° retiramos 1 grau e passamos para a coluna de minutos, na forma de minutos, isto é, 60', porque 1 grau = 60 minutos.

$$\begin{array}{rr} & 179^\circ \\ & 180^\circ\ 60' \\ - & 120^\circ\ 50'\ 40'' \\ \hline \end{array}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\begin{array}{r|l} 5º\sqrt{\ 6.55.36} & 2 \\ -4 & 4 \\ \hline 25.5 & \end{array}$$

6º) Dividimos, agora, o número que separamos à esquerda pelo dobro da raiz, isto é, pelo nº 4. Assim, 25 ÷ 4 temos 6, porque 6 × 4 = 24. Mas o número achado nessa divisão, isto é, o 6, deve ser colocado do lado direito do dobro da raiz, isto é, ao lado direito do nº 4. Assim, 46. Mas deve ser multiplicado por ele mesmo, ou seja, 46 × 6. *Mas não pode dar um resultado maior do que 25.5* (que chamamos de *radicando*). *Além disso, o número* achado nunca deverá ser maior do que 9. Então, se aceitarmos o nº 6, que achamos acima, temos que experimentar se serve. Então, 46 × 6 = 276 que é maior do que 255, portanto *não serve*.

$$\begin{array}{r|l} \sqrt{\ 6.55.36} & 2 \\ -4 & 4 \\ \hline 25.5 & \end{array}$$

Vamos experimentar um número menor, isto é, o 5. Então 45 × 5 = 225. Vemos que 225 *é menor e é o mais próximo de 255* dos números que experimentamos, portanto *serve*.

Observe, então, no andamento da execução, o número 5 ao lado direito do 4, multiplicado por ele dando 255. Esse 225 colocamos embaixo do 255 e vamos fazer uma conta de subtrair entre 255 – 225 = 30. O nº 5 achado e aprovado como vimos por tentativa, será o nosso *2º número da raiz quadrada*, que procuramos, e é colocado na chave ao lado direito do 1º número da raiz, isto é, do nº 2; tem-se 25 (ver a execução abaixo).

$$\begin{array}{r|l} 6º\sqrt{\ 6.55.36} & 2 \\ -4 & 45 \times 5 = 225 \\ \hline 25.5 & \\ -22.5 & \\ \hline 03\,0 & \end{array}$$

7º) Abaixamos a classe de números seguinte, isto é, o 36, colocando ao lado da sobra, isto é, do 30. Fica 3036. Separamos um algarismo *a partir da direita*. Fica 303.6. Dobramos o número da raiz até agora achado, isto é, o 25, e que está na chave. Assim: 25 + 25 = 50 e colocamos embaixo de outro traço, como vimos na operação 5º, anteriormente.

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\begin{array}{r|l} 7º\sqrt{\ 6.55.36} & 25 \\ \hline -4 & 45 \times 5 = 225 \\ \hline 25.5 & 50 \\ -22\,5 & \\ \hline 3\,0\,3.6 & \end{array}$$

8º) Vamos agora dividir o número que ficou à *esquerda da separação,* isto é, 303 pelo dobro da raiz, isto é, de 50. Achamos que 303 ÷ por 50 dá 6. Colocamos o 6 à direita de 50. Fica 506. Multiplicamos por ele mesmo numa operação igual à que explicamos no item 6º. Então $506 \times 6 = 3.036$, que colocamos embaixo do radicando, isto é, de 3.036, e diminuímos. Vemos que a subtração dá exata. (*Se o número* obtido em 560) × 6 *fosse maior do que o radicando 3.036 teríamos que tentar um outro número menor*). Tendo dado zeros (não deixou resto), e não tendo mais classes de números para abaixar, está terminada a extração da raiz.

$$\begin{array}{r|l} 8º)\sqrt{\ 6.55.36} & 256 \\ \hline -4 & 45 \times 5 = 225 \\ \hline 25.5 & 506 \times 6 = 3036 \\ 3\,03.6 & \\ -3\,03.6 & \\ \hline 0\,0\,0\,0 & \end{array}$$

9º) O nº 6 obtido nesta última operação passa a figurar do lado direito do número da chave, isto é, do 25. Assim fica 256 que é a raiz quadrada do nº 65.536. (Ver a execução no item 8).

Prova:

Sempre que quisermos tirar uma prova, para ver se o resultado da nossa raiz está certo, basta multiplicar o número da raiz obtida por ele mesmo. Se der o número original, é porque a raiz está certa. Assim, no exemplo que acabamos de explicar, a raiz $256 \times 256 = 65.536$, por conseguinte está certa.

Atenção: Quando ao extrair uma raiz não der exato, isto é, houver resto, a *prova* deve constar da multiplicação entre si da raiz, *somado ao resto*. Se estiver certa, a raiz deve dar o número original.

Material chroniony prawem autorskim

raiz será colocada três casas a partir da direita para a esquerda. Damos abaixo a seqüência completa de extrações de raízes de números decimais.

Achar $\sqrt{3,7563}$

$\sqrt{\ 3,75.63}$	1,93
− 1	$1^2 = 1 \times 1 = 1$
27.5	$1 \times 2 = 2$
− 26 1	
01 46.3	$27 \div 3 = 9$
1 14 9	$29 \times 9 = 261$
0,0 31 4	$19 \times 2 = 38$
	$146 \div 38 = 3$
	$383 \times 3 = 1149$

Prova: $1,93 \times 1,93 +$ resto $0,0314 = 3,7563$

Achar $\sqrt{0,7434}$

$\sqrt{\ 0,74.34}$	0,86
− 64	$8^2 = 8 \times 8 = 64$
103.4	$8 \times 2 = 16$
− 99 6	$103 \div 16 = 6$
0,003 8	$166 \times 6 = 996$

Prova: $0,86 \times 0,86 + 0,0038 = 0,7434$

$\sqrt{0,0093}$

$\sqrt{\ 0,0093}$	0,09
− 81	$9^2 = 9 \times 9 = 81$
12	$9 \times 2 = 18$
	$127 \div 18 = 7$

$\sqrt{0,00000081}$

$\sqrt{\ 0,00.00.00.81}$	0,0009
− 81	$9^2 = 9 \times 9 = 81$
00	

Tabela 15.1

Raízes quadradas de decimais

M	$\sqrt{m}$	M	$\sqrt{m}$	M	$\sqrt{m}$	M	$\sqrt{m}$
0,01	0,100	0,06	0,245	0,2	0,447	0,6	0,775
0,02	0,141	0,07	0,265	0,25	0,500	0,7	0,837
0,03	0,173	0,08	0,283	0,3	0,548	0,75	0,867
0,04	0,200	0,09	0,300	0,4	0,632	0,8	0,894
0,05	0,224	0,10	0,316	0,5	0,707	0,9	0,949

Material chroniony prawem autorskim

Sinais convencionais usados na Matemática

Tabela 15.2

Os sinais abaixo estão dc acordo com as normas DIN 1302 (nov. 54).

Sinal	Explicação
+	Mais
−	Menos
· ×	Por
÷ / :	dividido por, é a
%	centésimo, por cento, taxa
0/00	milésimo, por mil
( )	parênteses
[ ]	colchetes
{ }	chaves
=	igual
≠	não igual, diferente
~	semelhante, proporcional
≈	aproximadamente
≙	correspondente a
<	menor que
>	maior que
≤	menor ou igual, ao mais igual
≥	maior ou igual, ao menos igual
≪	pequeno frente a
≫	grande frente a
∥	paralelo
∦	não paralelo
↑↑	paralelo = sentido
↑↓	paralelo sentido contrário
⊥	normal
Δ	triângulo
≅	congruente com (a mesma medida) AOB A'O'B'
∢	ângulo
$\overline{AB}$	segmento A B
$\overset{\frown}{AB}$	arco A B
Σ	suma, soma, síntese
√	raiz quadrada de
π	Pi (3, 14 159)

Sinal	Explicação
∞	infinito
sen	seno
cos	co-seno
cot	co-tangente
1. ou 1)	1º
. . .	etc., até
a_1 a_2	sub um a sub dois
a′	a primeiro
a″	a segundo

Materiał chroniony prawem autorskim

Triângulo retângulo

$$\boxed{\text{Área} = \frac{\text{Base} \times \text{Altura}}{2}}$$

$$\text{Altura} = \sqrt{\text{Ladomaior}^2 - \text{Base}^2} \quad \text{ou}$$

$$\text{Altura} = \frac{2 \times \text{Área}}{\text{Lado maior}}$$



Fig 15.9

$$\text{Base} = \sqrt{\text{Lado maior}^2 - \text{Altura}^2}$$

$$\text{Hipotenusa ou Lado maior} = \sqrt{\text{Altura}^2 + \text{Base}^2} \quad \text{ou} \quad \frac{2 \times \text{Área}}{\text{Altura}}$$

Paralelogramo

$$\boxed{\text{Área} = \text{Comprimento} \times \text{Altura}}$$

$$\text{Altura} = \text{Área} \div \text{Largura}$$

$$\text{Comprimento} = \text{Área} \div \text{Largura}$$



Fig. 15.10

Trapézio

$$\boxed{\text{Área} = \frac{\text{Base maior} + \text{Base maior} \times \text{Altura}}{2}}$$

$$\text{Altura} = \frac{2 \times \text{Área}}{\text{Base maior} + \text{Base menor}}$$

$$\text{Base menor} = \frac{2 \times \text{Área}}{\text{Altura}} - \text{Base maior}$$

$$\text{Base maior} = \frac{2 \times \text{Área}}{\text{Altura}} - \text{Base menor}$$

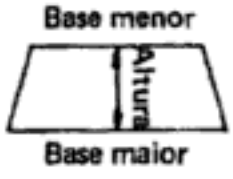


Fig. 15.11

Material chroniony prawem autorskim



Fig. 15.15

Círculo

$$\boxed{\text{Área} = \text{Raio}^2 \times 3{,}14}$$

$$\frac{\text{Diâmetro}^2 \times 3{,}14}{4} \text{ ou Área} = \text{Diâmetro}^2 \times 0{,}7854$$

Comprimento da Circunferência ou Perímetro = $2 \times 3{,}14 \times$ raio ou

Perímetro = Diâmetro $\times$ 3,14

$$\boxed{3{,}14 = \pi \quad \text{Diâmetro} = \frac{\text{Circunferência}}{3{,}14} \text{ ou } \frac{\sqrt{\text{Área}}}{0{,}7854} \text{ ou}}$$

$$\text{Diâmetro} = 1{,}128 \times \sqrt{\text{Área}}$$

$$\text{Raio} = \frac{\text{Circunferência}}{6{,}283} \text{ ou } \frac{\sqrt{\text{Área}}}{3{,}14} \text{ ou } 0{,}564 \times \sqrt{\text{Área}}$$

Coroa circular
(Arruelas, anéis)

$$\boxed{\text{Área} = 3{,}14 \times (\text{Raio}^2 \text{ maior} - \text{raio}^2 \text{ menor})}$$

$$\text{Área} = \frac{3{,}14}{4} \times (\text{Diâmetro}^2 \text{ maior} - \text{diâmetro}^2 \text{ menor})$$

$$\text{Área} = 3{,}14 \times (\text{Raio maior} + \text{raio menor}) \times (\text{Raio maior} - \text{raio menor})$$

$$\text{ou Área} = 0{,}7854 \times (\text{Diâmetro}^2 \text{ maior} - \text{diâmetro}^2 \text{ menor}) \text{ ou}$$

$$\text{Área} = 0{,}7854 \times \left(\begin{matrix}\text{Diâmetro} \\ \text{maior}\end{matrix} + \begin{matrix}\text{diâmetro} \\ \text{menor}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{Diâmetro} \\ \text{maior}\end{matrix} - \begin{matrix}\text{diâmetro} \\ \text{menor}\end{matrix}\right)$$

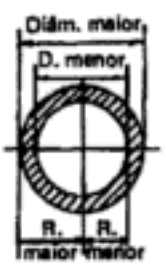


Fig. 15.16

Material chroniony prawem autorskim

Setor Circular



Fig. 15.17

$$\text{Área} = \frac{1}{2} \times \text{Raio} \times \text{l ou } \frac{\text{l} \times \text{Raio}}{2}$$

$$\text{ou Área} = 0{,}008727 \times \text{Ângulo} \times \text{Raio}^2 \quad \text{ou}$$

$$\text{Área} = \frac{3{,}14 \times \text{Raio}^2 \times \text{Ângulo}}{360} \text{ ou}$$

$$\text{Área} = \frac{3{,}14 \times \text{Diâmetro}^2 \times \text{Ângulo}}{4 \times 360}$$

$$\text{Ângulo} = \frac{57{,}296 \times \text{l}}{\text{Raio}}$$

$$\text{l} = \frac{3{,}14 \times \text{Diâmetro} \times \text{Ângulo}}{360} \text{ ou } \frac{3{,}14 \times \text{raio} \times \text{Ângulo}}{180}$$

$$\text{ou } \text{l} = \frac{2 \times \text{Área}}{\text{Raio}} \text{ ou } 0{,}01745 \times \text{Raio} \times \text{Ângulo}$$

$$\text{Raio} = \frac{2 \times \text{Área}}{\text{l}} \text{ ou } \frac{57{,}296 \times \text{l}}{\text{Ângulo}}$$

Segmento circular

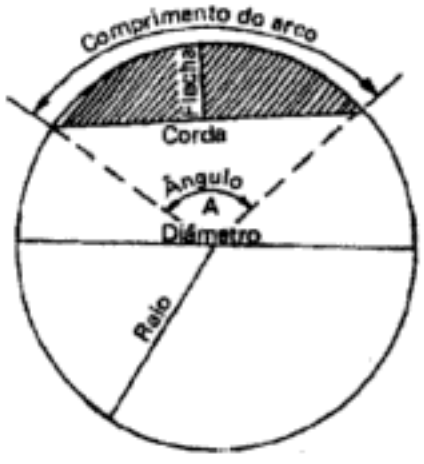


Fig. 15.18

$$\text{Ângulo} = \frac{360° \times \text{Arco}}{\text{Diâmetro} \times 3{,}14} \text{ ou}$$

$$\text{Ângulo} = \frac{360° \times \text{Arco}}{2 \times 3{,}14 \times \text{raio}} \text{ ou}$$

$$\text{Ângulo} = \frac{180° \times \text{Arco}}{3{,}14 \times \text{raio}} \text{ ou}$$

$$\text{Arco} = 0{,}01745 \times \text{raio} \times \text{Ângulo}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\text{Flecha} = \frac{\text{Diâmetro} - \sqrt{\text{Diâmetro}^2 - \text{Corda}^2}}{2}$$

$$\text{Raio} = \frac{\text{Corda}^2 + 4 \times \text{Flecha}^2}{8 \times \text{Flecha}}$$

Elipse

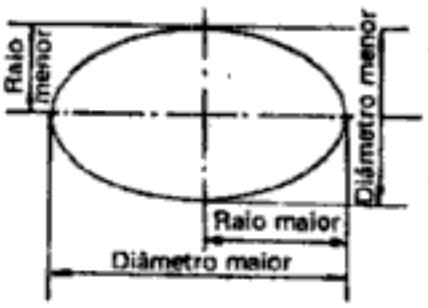


Fig. 15.19

$$\boxed{\text{Área} = 3{,}14 \times \text{Raio maior} \times \text{raio menor}}$$

$$\text{Área} = \frac{3{,}14}{4} \times \text{Diâmetro maior} \times \text{Diâmetro menor}$$

ou $\text{Área} = 0{,}785 \times \text{Diâmetro maior} \times \text{Diâmetro menor}$

$$\text{Perímetro aproximado} = 3{,}14 \sqrt{2\,(\text{Raio}^2 \text{ maior} + \text{raio}^2 \text{ menor})}$$

$$\text{ou } 3{,}14 \sqrt{\frac{\text{Diâm.}^2 + \text{diâm.}^2}{2}}$$

PERÍMETRO — $D \times n$. Obtém-se N na tabela abaixo dividindo-se o Diâmetro menor d pelo Diâmetro maior D. Obtém-se um número decimal. À frente desse número decimal encontramos n. Exemplo: $d = 50$ mm, $D = 100$ mm, $d/D = 0{,}5$, $n = 2{,}4221$. Perímetro $= D \times n = 100 \times 2{,}4221 = 242{,}21$ mm.

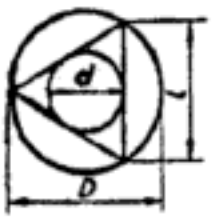
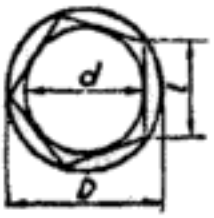
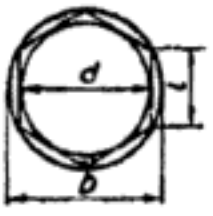
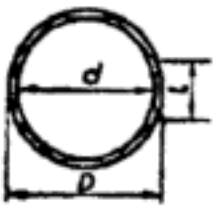
Tabela 15.3

d/D	*n*	*d/D*	*n*
0,2	2,1010	0,6	2,5527
0,3	2,1930	0,7	2,6912
0,4	2,3013	0,8	2,8361
0,5	2,4221	0,9	2,9866

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.4

Relações geométricas úteis na mecânica entre lado *l*, diâmetro interno *d*, diâmetro externo *D*

Relações geométricas	Fórmula		Diâmetro da circunfer. *D*	Divisão da peça ou da circunf. em graus	Graus do ângulo interno
	Lado *l*	Diâmetro interno *d*			
	1,732 X d 0,866 X D	0,577 X *l* 0,500 X D	1,154 X *l* 2,000 X d	120°	60°
	1,000 X d 0,707 X D	1,000 X *l* 0,707 X D	1,414 X *l* 1,414 X d	90°	90°
	0,726 X d 0,588 X D	1,376 X *l* 0,808 X *l*	1,702 X *l* 1,236 X d	72°	108°
	0,577 X d 0,500 X D	1,732 X *l* 0,866 X D	2,000 X *l* 1,154 X d	60°	120°
	0,414 X d 0,382 X D	2,414 X *l* 0,932 X D	2,613 X *l* 1,082 X d	45°	135°

Materiał chroniony prawem autorskim

Como usar a tabela 15.4

Seja projetar uma peça sextavada com 19,05 mm de diâmetro de círculo interno. Com esta medida, consultando-se a tabela, podemos conhecer as demais para a execução da peça como: diâmetro do círculo interno *d*, diâmetro do círculo externo *D*, multiplicando a medida que temos pelas constantes dadas na tabela. Assim: o lado "*l*" em um sextavado de 19,05 mm de diâmetro interno será igual a 0,577 × *d*, isto é, 0,577 × 19,05 (1ª linha da 2ª coluna do sextavado).

O diâmetro externo *D* será igual a 1,154 × *d*, isto é, 1,154 × 19,05 (4ª coluna na 2ª linha em frente à sextavada).

Por outro lado, a indicação do ângulo interno na 5ª coluna possibilita ainda obter a divisão da peça no número de partes que se quer ou a projetar a figura geométrica, através do transferidor. Assim, no caso do sextavado esse ângulo deverá ser de 60°. Por último a 6ª coluna nos dá o ângulo externo.

Divisão de uma peça circular em número de partes iguais

É muito comum na oficina precisar fazer diversos furos em peças circulares ou então dividi-las em número de partes iguais. Para esse fim a tabela 15.5 facilita bastante essa divisão, seja por ângulo ou por medição pelo compasso. Para aclarar o assunto, vejamos um exemplo: Uma peça circular de 20 mm de raio precisa receber 7 furos em distâncias iguais uns dos outros. Procedemos da seguinte forma: Procuramos na tabela 15.5 o nº 7 na 1ª coluna. À direita encontraremos o número da constante 0,8672 para a qual temos que multiplicar o número da me-

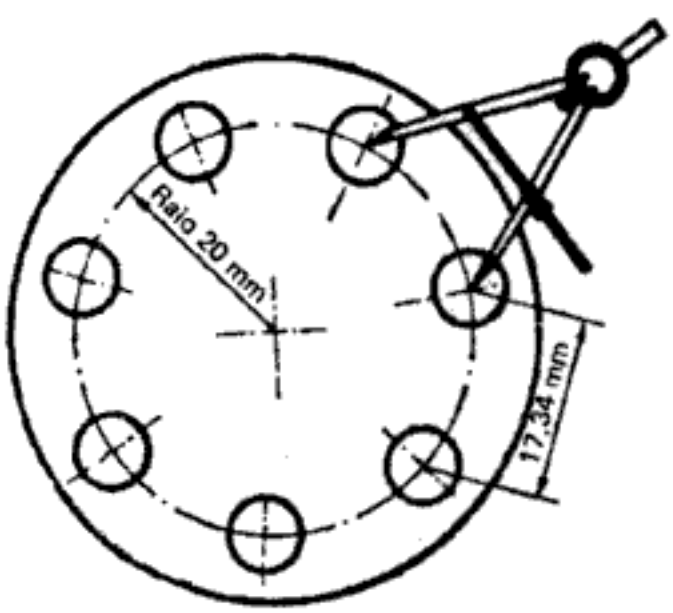


Fig. 15.20

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.5

Divisão de peças circulares ou de desenhos em partes iguais

Nºs das divisões	Corda ou abertura do compasso	Ângulo	
		°	'
3	1,7320	120	00
4	1,4142	90	00
5	1,1755	72	00
6	1,0000	60	00
7	0,8672	51	25
8	0,7653	45	00
9	0,6840	40	00
10	0,6180	36	00
11	0,5632	32	43
12	0,5176	30	00
13	0,4784	27	41
14	0,4448	25	42
15	0,4158	24	00
16	0,3901	22	30
17	0,3763	21	10
18	0,3473	20	00
19	0,3289	18	56
20	0,3128	18	00
21	0,2979	17	08
22	0,2845	16	21
23	0,2722	15	39
24	0,2610	15	00
25	0,2506	14	24
26	0,2408	13	50
27	0,2321	13	20
28	0,2235	12	51
29	0,2160	12	24
30	0,2090	12	00
31	0,2021	11	36
32	0,1957	11	15
33	0,1899	10	54
34	0,1841	10	35
35	0,1789	10	17
36	0,1743	10	00

Material chroniony prawem autorskim

2. Geometria no Espaço

Superfícies e volumes

Cubo

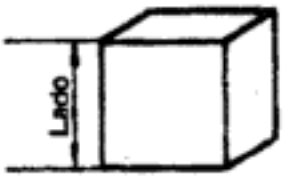


Fig. 15.21

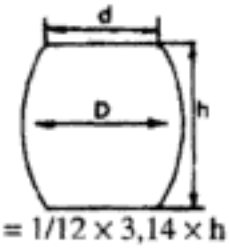
$$\text{Volume} = \text{Lado}^3 \text{ ou Lado} \times \text{Lado} \times \text{Lado}$$

$$\text{Superfície total} = 6 \times \text{lado}^2$$

$$\text{Área do lado} = \sqrt[3]{\text{volume}}$$

Barril

Fig. 15.22



$$\text{Volume} = D \times d \times h \times 0{,}82$$

$$\text{Volume} = 1/12 \times 3{,}14 \times \text{h}\ (2\text{D}2 + \text{d}2)$$

ou $0{,}262 \times \text{h}(2\text{D}2 + \text{d}2)$

Paralelepípedo

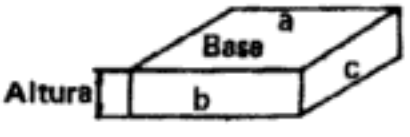


Fig. 15.23

$$\text{Volume} = \text{Área a} \times b \times c$$

ou Base × Altura

$$\text{ou Base} = \frac{\text{Volume}}{b \times c}, \quad b = \frac{\text{Volume}}{a \times c}, \quad c = \frac{\text{Volume}}{a \times b}$$

$$\text{Superfície externa} = 2 \times a + 2 \times b + 2 \times c$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Cone

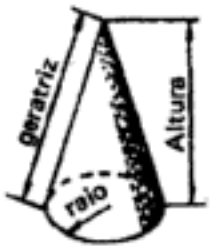


Fig. 15.26

$$\text{Volume} = \frac{\text{Raio}^2 \times 3{,}14 \times \text{Altura}}{3}$$

$$\text{Superfície lateral} = \text{Raio} \times 3{,}14 \times \text{Geratriz}$$

$$\text{Superfície total} = \text{Raio} \times 3{,}14 \times (\text{Geratriz} + \text{Raio})$$

Planificação do cone

$$\text{Área} = \text{Raio} \times 3{,}14 \times \text{Geratriz}$$

$$\text{Geratriz} = \sqrt{\text{Altura}^2 + \text{Raio}^2}$$

$$\text{Ângulo } A = \frac{360° \times \text{Raio}}{\text{Geratriz}}$$



Fig. 15.27

Tronco de cone e planificação

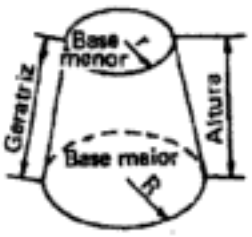


Fig. 15.28

$$\text{Volume} = \frac{3{,}14 \times \text{Altura}}{3}\left(\frac{\text{Raio}^2}{\text{maior}} + \frac{\text{Raio}^2}{\text{menor}} + \frac{\text{Raio}}{\text{maior}} \times \frac{\text{Raio}}{\text{menor}}\right)$$

$$\text{Área lateral} = \text{Geratriz} \times 1{,}5708 \times (\text{Diâmetro maior} + \text{diâmetro menor})$$

$$\text{Área lateral} = \text{Geratriz} \times 3{,}14\ (\text{Raio maior} + \text{raio menor})$$

$$\text{Geratriz} = \sqrt{\text{Altura}^2 + (\text{Raio maior} - \text{raio menor})^2}$$

$$\text{Ângulo de Planificação} = \frac{360° \times (\text{Raio maior} - \text{raio menor})}{\text{Geratriz}}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Tronco de pirâmide

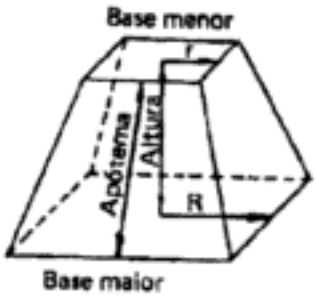


Fig. 15.29

$$\text{Volume} = \frac{\text{Altura}}{3} \times \left(\text{Base maior} + \text{base menor} + \sqrt{\text{Base maior} \times \text{base menor}} \right)$$

$$\text{Superfície lateral} = \frac{\text{Perímetro} + \text{perímetro}}{2} \times \text{Apótema}^*$$

$$\text{Superfície total} = \frac{\text{Perímetro} + \text{perímetro}}{2} \times \text{Apótema} + \text{Base maior} + \text{Base menor}$$

Esfera



Fig. 15.30

$$\text{Volume} = \frac{\text{Diâmetro}^3 \times 3{,}14}{6} \text{ ou } 0{,}5236 \times \text{Diâmetro}^3$$

$$\text{ou Volume} = \frac{4 \times 3{,}14 \times \text{Raio}^3}{3}$$

$$\boxed{\text{Área} = \text{Diâmetro}^2 \times 3{,}14}$$

$$\text{Raio} = \sqrt[3]{\frac{3 \times \text{volume}}{3{,}14 \times 4}} \quad \text{ou}$$

$$\text{Raio} = 0{,}6204 \sqrt[3]{\text{volume}}$$

---

* Veja o que é APÓTEMA na fig. 15.25.

Materiał chroniony prawem autorskim

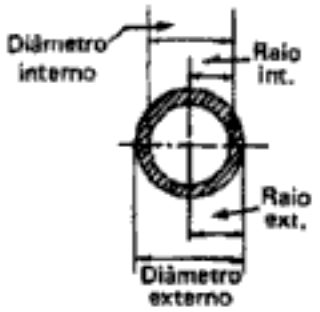


Fig. 15.31

Esfera oca

Volume = 4,1888 × (Raio^3 externo – Raio^3 interno) ou

Volume = 0,5236 × (Diâmetro^3 externo – Diâmetro^3 interno)

Trigonometria(*)

Fórmulas para Cálculos Relacionados com o Triângulo Retângulo

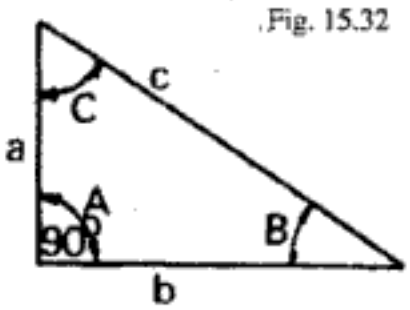


Fig. 15.32

a = Lado do cateto menor
b = Lado do cateto maior
c = Lado da hipotenusa. É o lado maior, e é sempre oposto ao ângulo reto do triângulo retângulo. É chamado triângulo retângulo porque tem um ângulo reto.

Explicação necessária

O entendimento do triângulo retângulo e as fórmulas que damos a seguir, permitem a resolução de uma série de problemas que aparecem na indústria e na vida prática. Por isso mesmo, hoje em dia, a maior parte das firmas industriais aplica, aos seus candidatos a empregos, provas contendo problemas gráficos relacionados com triângulos e Trigonometria.

Para melhor entendimento do triângulo retângulo, da consulta das tabelas de fórmulas e da resolução de seus gráficos, procure sempre acostumar-se a indicar os lados e os ângulos com as mesmas letras e a mesma disposição que estamos usando na figura 15.32, isto é, *a* para o cateto menor, *b* para o cateto maior e *c* para a hipotenusa. É fácil você reconhecer esta, por ser o maior lado e

(*) **Observação**: Recomenda-se o uso de calculadora científica ou de tabelas trigonométricas, para uma melhor orientação desse assunto.

Material chroniony prawem autorskim

principalmente por estar situado no lado oposto ao ângulo reto, ou de 90°, do triângulo. Às vezes os lados dos catetos têm a mesma dimensão, como se pode ver na fig. 15.34. A outra observação importante é: nem sempre os triângulos têm as dimensões proporcionais e principalmente a disposição que você vê na fig. 15.32. Na vida prática e nos gráficos, a formação dos triângulos poderá aparecer em diferentes disposições, como se vê na fig. 15.33. Quanto aos ângulos, acostume-se também a indicar a letra *A* para o ângulo reto, *B* para o ângulo de menor grau — o mais fechado — como fizemos na fig. 15.32, e *C* para o outro ângulo

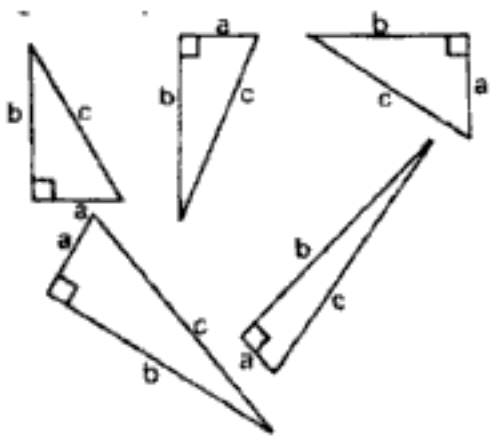


Fig. 15.33

Fig. 15.34

Usando estas letras nestas disposições, você não estará sujeito a erros e confusões na resolução de seus problemas.

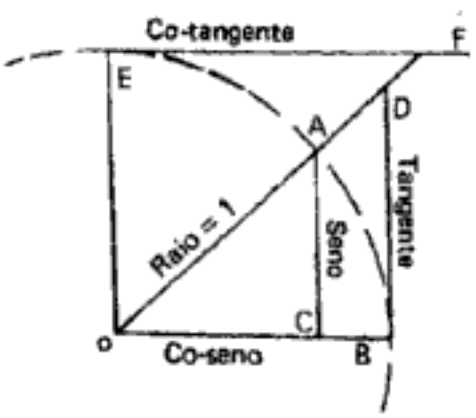


Fig. 15.35

Medidas	
Seno = $\frac{\overline{AC}}{\text{Raio}}$	Co-seno = $\frac{\overline{OC}}{\text{Raio}}$
Tang. = $\frac{\overline{BD}}{\text{Raio}}$	Co-tang. = $\frac{\overline{EF}}{\text{Raio}}$
$\overline{OD}$ = Secante $\overline{AB}$ = Corda	$\overline{OF}$ = Co-Secante

Material chroniony prawem autorskim

O Triângulo Retângulo e o Teorema de Pitágoras

O quadrado construído sobre o lado da *hipotenusa* é igual à soma dos quadrados construídos sobre os catetos.

O enunciado acima, conhecido com Teorema de Pitágoras, permite, com as fórmulas abaixo, calcular qualquer um dos lados do referido triângulo, e por conseguinte dos próprios quadrados e suas próprias áreas.

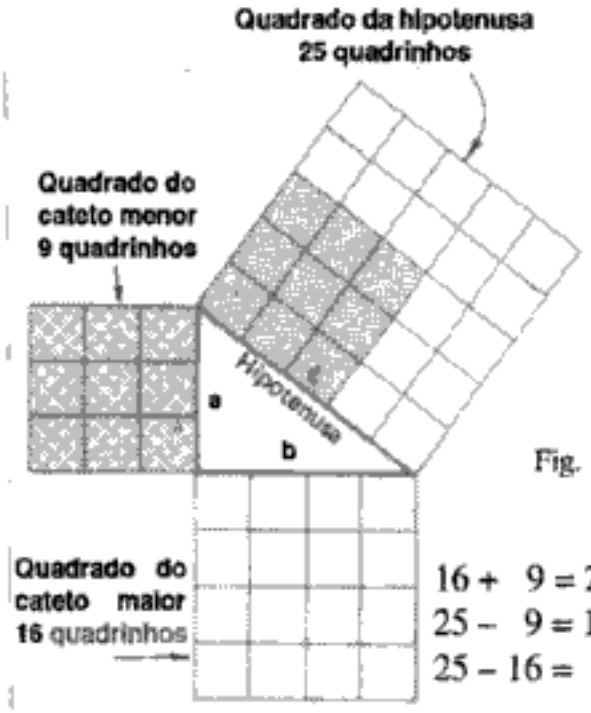


Fig. 15.36

$16 + 9 = 25$
$25 - 9 = 16$
$25 - 16 = 9$

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$a^2 = c^2 - b^2$$
$$b^2 = c^2 - a^2$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$
$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$
$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

Observando-se a figura acima, vemos que no lado do quadrado do cateto menor, podemos formar 9 (nove) quadradinhos. No cateto maior, podemos formar 16 (dezesseis) quadradinhos. Somando todos, temos 9 + 16 = 25 quadradinhos, número igual que podemos formar no quadrado da hipotenusa, isto é, também 25 quadradinhos.

Ex.: que vemos na figura acima:

Lado $a = 3$; Lado $b = 4$
Achar o lado c.

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$c = \sqrt{3^2 + 4^2} \qquad c = \sqrt{9 + 16} \qquad c = \sqrt{25} \quad c = 5$$

Material chroniony prawem autorskim

Para determinar a medida do lado *a*

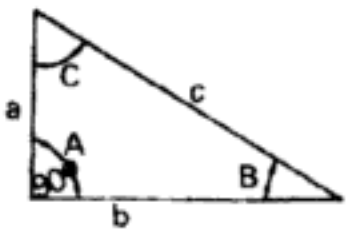


Fig. 15.37

Tabela 15.6

Tendo-se as medidas do:	Fórmulas p/ determinar a medida do lado *a*	Explicação
Lado *c* e Seno de *B*	$a = c \times \text{Seno } B$	$a = c \times$ Seno do Ângulo *B*
Lado *c* e Co-seno de *C*	$a = c \times \text{Co-seno } C$	$a = c \times$ Co-seno do ângulo *C*
Lado *b* e Tangente de *B*	$a = b \times \text{Tang. } B$	$a = b \times$ Tangente do ângulo *B*
Lado *b* e Co-tangente de *C*	$a = b \times$ Co-tangente de *C*	$a = b \times$ Co-tangente do Ângulo *C*
Lado *c* e lado *b*	$a = \sqrt{c^2 - b^2}$	$c \times c - b \times b$ Do resultado, extrair a raiz quadrada
Lado *b* e Tangente de *B*	$a = b \times \text{Tang. } B$	$b \times$ Tangente $\times B$
Lado *b* e Co-tangente de *B*	$a = \dfrac{b}{\text{Co-tangente } B}$	$b \div$ Co-tangente de *B*

Observação: Pode-se determinar o valor do *Seno, Co-seno, Tangente, Co-tangente,* acima citados, de duas maneiras: 1) Procurando nas tabelas de *Seno, Co-seno,* etc.; mas para isso, precisa-se ter o valor dos ângulos em graus. 2) Pelas fórmulas na tabela 15.6. Neste caso, precisa-se ter a medida de, pelo menos, 2 lados do triângulo.

Material chroniony prawem autorskim

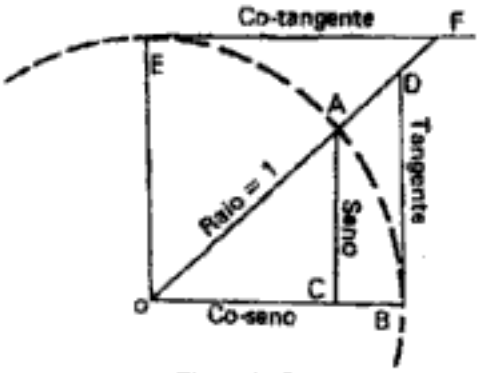
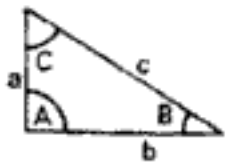


Fig. 15.38

Fig. 15.39



Para determinar a medida do lado *b*

Fig. 15.40

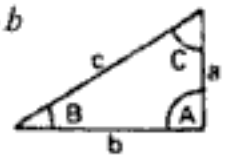


Tabela 15.7

Tendo-se as medidas do:	Fórmulas p/ determinar a medida do lado *b*	Explicação
Lado *a* e Ângulo *B*	$b = a \times$ Co-tang. B	$b = a \times$ Co-tangente do Ângulo *B*
Lado *a* e Ângulo *C*	$b = a \times$ Tang. de C	$b = a \times$ Tangente do Ângulo *C*
Lado *c* e Ângulo *B*	$b = c \times$ Co-seno B	$b = c \times$ Co-seno do Ângulo *B*
Lado *c* e Ângulo *C*	$b = c \times$ Seno de C	$b = c \times$ Seno do Ângulo *C*
Lado *a* e Lado *c*	$b = \sqrt{c^2 - a^2}$ ou $b = \sqrt{c \times c - a \times a}$	Multiplicar $c \times c$ e $a \times a$ Depois diminuir o resultado de $c \times c$ de $a \times a$ Extrair a raiz quadrada do resultado.

Materiał chroniony prawem autorskim

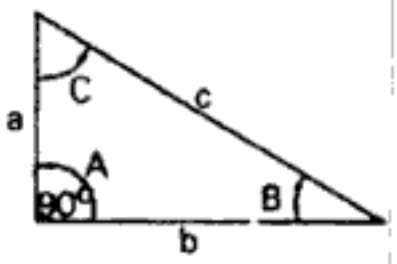


Fig. 15.41

Para determinar a medida do lado maior c, conhecido também como lado da hipotenusa.

Tabela 15.8

Tendo-se as medidas do:	**Fórmulas p/ determinar a medida do lado *c***	**Explicação**
Lado a e Ângulo B	$c = \frac{a}{\text{Seno de } B}$	$c = a$ dividido pelo Seno do Ângulo B
Lado a e Ângulo C	$c = \frac{a}{\text{Cos de } C}$	$c = a$ dividido pelo Co-seno do Ângulo C
Lado b e Ângulo B	$c = \frac{b}{\text{Cos de } B}$	$c = b$ dividido pelo Co-seno do Ângulo B
Lado b e Ângulo C	$c = \frac{b}{\text{Seno de } C}$	$c = b$ dividido pelo Seno do Ângulo C
Lado a e Lado b	$c = \sqrt{a^2 + b^2}$	1º) Multiplicar $a \times a$ e $b \times b$ 2º) Somar os dois resultados. 3º) Extrair a raiz quadrada desse resultado.

Material chroniony prawem autorskim

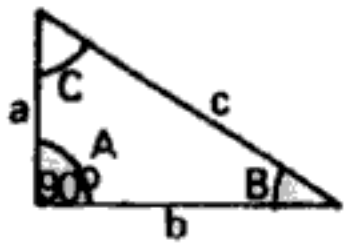


Fig. 15.42

Tabela 15.9

Para determinar	Fórmula	Explicação para resolver
O Seno do Ângulo B =	$\frac{a}{c}$	Dividir o valor do Lado a pelo valor do Lado c
O Co-seno do Ângulo B =	$\frac{b}{c}$	Dividir o valor do Lado b pelo valor do Lado c
A Tangente do Ângulo B =	$\frac{a}{b}$	Dividir o valor do Lado a pelo valor do Lado b
A Co-tangente do Ângulo B =	$\frac{b}{a}$	Dividir o valor do Lado b pelo valor do Lado a
O Seno do Ângulo C =	$\frac{b}{c}$	Dividir o valor do Lado b pelo valor do Lado c
O Co-seno do Ângulo C =	$\frac{a}{c}$	Dividir o valor do Lado a pelo valor do Lado c
A Tangente do Ângulo C =	$\frac{b}{a}$	Dividir o valor do Lado b pelo valor do Lado a
A Co-tangente do Ângulo C =	$\frac{a}{b}$	Dividir o valor do Lado a pelo valor do Lado b

Material chroniony prawem autorskim

Para determinar os ângulos de uma peça ou de uma figura que tenha formato de um TRIÂNGULO RETÂNGULO, figura 15.43.

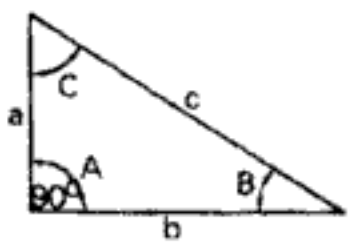


Fig. 15.43

Tabela 15.10

Tendo as medidas dos ângulos	Fórmula para determinar o ângulo	Explicação para resolver
Ângulo A =	90° ou $B + C$	Somar o valor do Ângulo B ao valor do Ângulo C
Ângulo B =	$90° - C$	De 90° diminuímos o valor do Ângulo C
Ângulo C =	$90° - B$	De 90° diminuímos o valor do Ângulo B

Material chroniony prawem autorskim

Aplicações da Trigonometria

Cálculo de encaixe "Rabo de Andorinha" usado na Mecânica e na Ferramentaria

Com as explicações sobre resoluções de expressões aritméticas e consulta da tabela trigonométrica.

Tabela 15.11

Fórmulas

$d = b + \frac{2 \times h}{\text{Tang. } A} = b + 2 \times h \times \text{Co-tangente } A$
$b = d - \frac{2 \times h}{\text{Tang. } A} = d - 2 \times h \times \text{Co-tangente } A$
$\text{Tangente } A = \frac{2 \times h}{d - b} \quad h = (d - b) \times \frac{\text{Tangente} A}{2}$
$a = d - [d\,(1 + \text{Co-tangente } \frac{A}{2})]$
$e = b + [D\,(1 + \text{Co-tangente } \frac{A}{2})]$

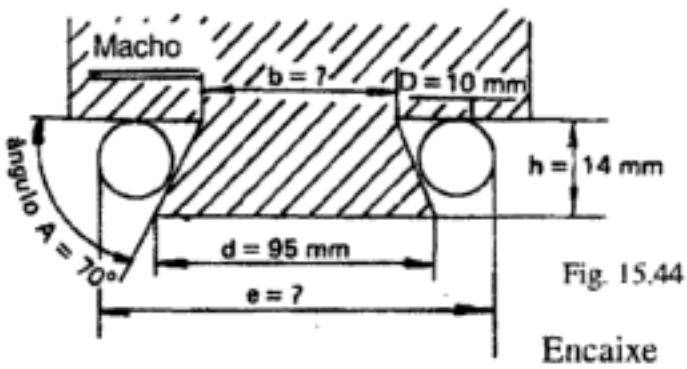


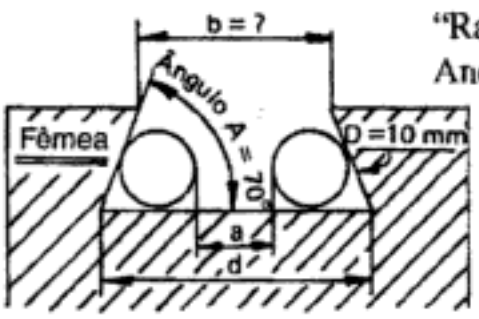
Fig. 15.44

Encaixe "Rabo de Andorinha"

Exemplo:

Largura $d = 95$ mm
Ângulo $A = 70°$
Altura $h = 14$ mm
Diâmetro $D = 10$ mm.

Determinar a medida de b, e a.



Material chroniony prawem autorskim

Determinar primeiro a medida de b. Procuramos a fórmula à página anterior.
1) Fórmula

$$b = d\ \frac{2 \times h}{\text{Tang. } A}$$

2) Substituímos as letras da fórmula pelos valores dados acima.

$$b = 95\ \text{mm} - \frac{2 \times 14\ \text{mm}}{\text{Tang. } 70^\circ}$$

3) Multiplicamos $2 \times 14\ \text{mm} = 28\ \text{mm}$

$$b = 95\ \text{mm} - \frac{28\ \text{mm}}{\text{Tangente } 70^\circ}$$

4) A tangente do ângulo 70°, encontraado nas tabelas trigométricas, é de nº 2.74748.

$$b = 95 - \frac{28\ \text{mm}}{2{,}74748}$$

5) O traço entre 28 e 2,74748 significa divisão. Efetuada nos dá 10, 191.

$$b = 95\ \text{mm} - 10{,}191$$

6) Do nº 95 mm devemos diminuir 10,191 que nos dá 84,809 mm, que é o valor da medida *b*.

$$b = 95\ \text{mm} - 10{,}191$$

$$\begin{array}{r} 95{,}000 \\ -\ 10{,}191 \\ \hline b = \ 84{,}809 \end{array}$$

Determinada a medida de *b*, vamos determinar *e*.

1º)Procuramos a fórmula do lado e no quadro de fórmulas no início desta explicação. Então:

1) Fórmula

$$e = b + [\ \text{D}\ (1\ \text{co-tangente}\ \frac{\text{A}}{2})]$$

Material chroniony prawem autorskim

2) Subtituímos as letras pelos valores

$$e = 84{,}809 \text{ mm} + [10\ (1 + \text{co–tangente}\ \frac{70^\circ}{2})]$$

3) A fórmula que temos é uma expressão aritmética que leva parênteses ( ) e colchetes [ ]. Sempre que isto acontece 1ª as operações de dentro dos parênteses. Depois as dos colchetes. Dentro dos parênteses efetuamos 1° a divisão 70 por 2, que nos dá 35. Fica então (1 + co-tangente 35°)

4) A co-tangente do ângulo 35°, encontrado nas tabelas trigometricas, é de n° 1,42815.

5)Dentro dso parênteses ainda temos uma operação. É a soma de 1 + 1,42815 que nos dá 2,42815.

Fica então:

$$e = 84{,}809 + [10 \text{ mm } (2{,}42815)]$$

6)Dentro dos parênteses, não existe mais nenhuma operação. Então passamos a efetuar as operações que estão contidas dentro dos colchetes, isto é:

$$[10 \text{ mm } (2{,}42815)]$$

isto é

$$e = 84{,}809 \text{ mm} + [10\ (2{,}42815)]$$

$$e = 84{,}809 \text{ mm} + [10 \times 2{,}42815]$$

$$e = 84{,}809 \text{ mm} + [24{,}2815]$$

Sempre que em uma fórmula, ou em uma expressão aritmética, encontramos um número dentro dos parênteses e um fora, sem aparecer nenhum sinal de + ou –, como é o caso que temos agora em 10 mm (2, 42815), os parênteses significam multiplicação.

$$10 \times 2{,}42815 = 24{,}2815$$

7) Entre o n° que está dentro dos colchetes, isto é, 24,2815, e o que está fora 84,809, além dos colchetes existe um sinal de +. Se não existisse o sinal de +, e nem o de –, deveríamos também aí entender sianld e multiplicação.

$$e = 84{,}809 \text{ mm} + 24{,}2815$$

Mas como existe o sinal de +, a expressão está indicando ái uma soma entre 84,809 e 24,815 que efetuada nos dá 109,0905. Temos então o valor da cota e = 109,0905 mm.

Material chroniony prawem autorskim

$$a = 95 \text{ mm} - [10 \text{ mm } (2{,}42815)]$$

o parênteses significa multiplicação. Assim:

$$10 \text{ mm } (2{,}42815) = 24{,}2815$$

7) Nossa expressão está agora reduzida a $a = 95$ mm – [24,2815].

$a = 95$ mm – [24,2815] isto é,

$$\begin{array}{r} 95{,}0000 \text{ mm} \\ 24{,}2815 \text{ mm} \\ \hline 70{,}7185 \text{ mm} \end{array}$$

Antes do colchete há um sinal de –. Se ái não houvesse nenhum sinal, o próprio colchete significaria multiplicação entre o número de fora do colchete eo de dentro. Como existe o sinal de –, temos que efetuara uma substração, que resulata: 70,7185. Ver acima.

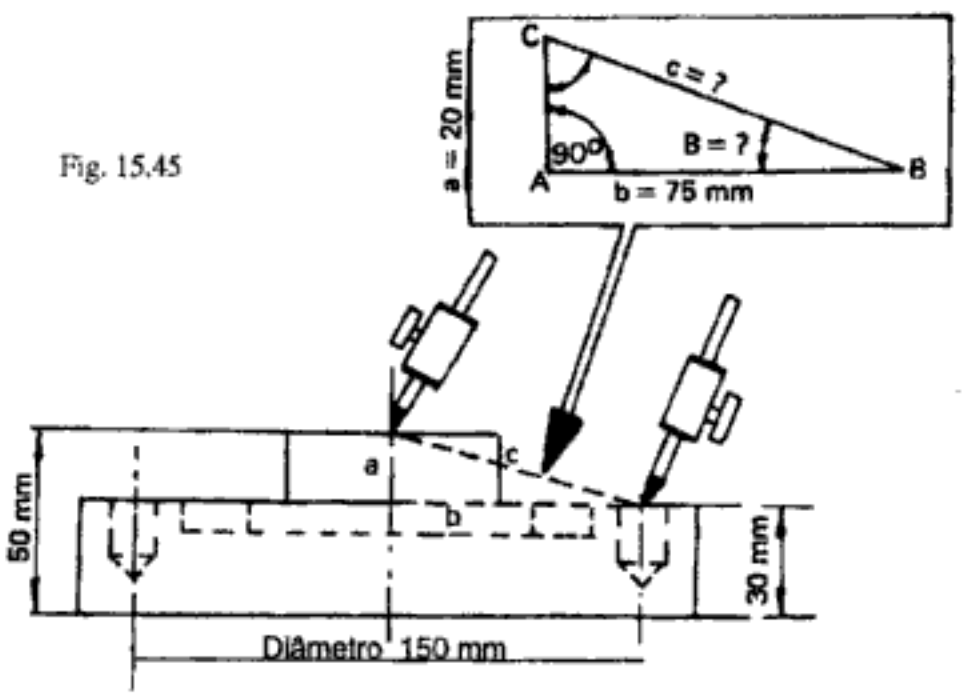
8) como terminamos a última operação da nossa fórmula, temos que o valor da cota a que estávamos resolvendo é de 70,7185.

$$a = 70{,}7185$$

Outra aplicação da Trigonometria em problemas práticos que aparecem na vida prática

Qual a abertura que devemos dar ao compasso para a medida *c*

Fig. 15.45



Material chroniony prawem autorskim

Primeiro vamos olhar e estudar a figura e as medidas da peça, para determinar as medidas de c e b que nos faltam.

a = 50 mm – 30 mm = 20 mm, isto é, a diferença entre as duas alturas da peça. Observe a figura.

b = 150 ÷ 2, isto é, o Diâmetro 150 mm dividido por 2 = 75 mm. Observe também a figura.

Temos, então, um triângulo retângulo com as medidas dos lados a = 20 mm e b = 75 mm e precisamos determinar a medida da abertura do compasso, que corresponde ao lado c do triângulo, e à Tangente do ângulo B. Tendo essas duas medidas, podemos achar c.

Então primeiro vamos achar a Tangente do ângulo B.

Procuramos na tabela de fórmulas do triângulo retângulo. Encontramos no quadro III assim (tabela 15.9):

1) Fórmula que se encontra na tabela 15.9 do formulário de triângulo retângulo.

$$\boxed{\text{Tangente do ângulo } B = \frac{a}{b}}$$

2) Substituindo as letras pelos números e realizada a divisão de 20 por 75, temos 0,2666.

$$\text{Tangente } B = \frac{20}{75} = 0{,}2666$$

3) Tangente B = 0,2666. Tangente do ângulo B = 0,2666.

Determinada a tangente do ângulo B poderemos determinar o valor em graus do ângulo, simplesmente procurando o nº 0,2666 na coluna de tangentes.

Encontramos o nº mais próximo 0,26670 que corresponde a 14° e 56'.

Procuramos na tabela 15.8 a fórmula para determinar c, tendo-se o lado b e o ângulo B.

Encontramos na 3ª linha $\quad c = \dfrac{b}{\text{Cos de } B}$

Então temos: b = 75 mm e ângulo B = 14° e 56'.

Material chroniony prawem autorskim

1) Fórmula encontrada na tabela 15.8 de triângulo retângulo.

$$c = \frac{b}{\text{Co-seno de } B}$$

2) Substituindo os dados pelos números.

$$c = \frac{75}{\text{Co-seno de } 14° 56'}$$

3) Precisamos determinar o Co-seno do ângulo de 14° 56'. Encontramos na coluna de Co-seno: 0,96623.

$$c = \frac{75}{0{,}96623}$$

4) Vamos dividir 75 por 0,96623. Temos 77,621 mm.

$$\frac{75}{0{,}96623} = 77{,}621 \text{ mm}$$

5) A medida c de abertura do compasso é de 77,621 mm.

Aplicação de Trigonometria. Abrir 4 furos simetricamente dispostos.

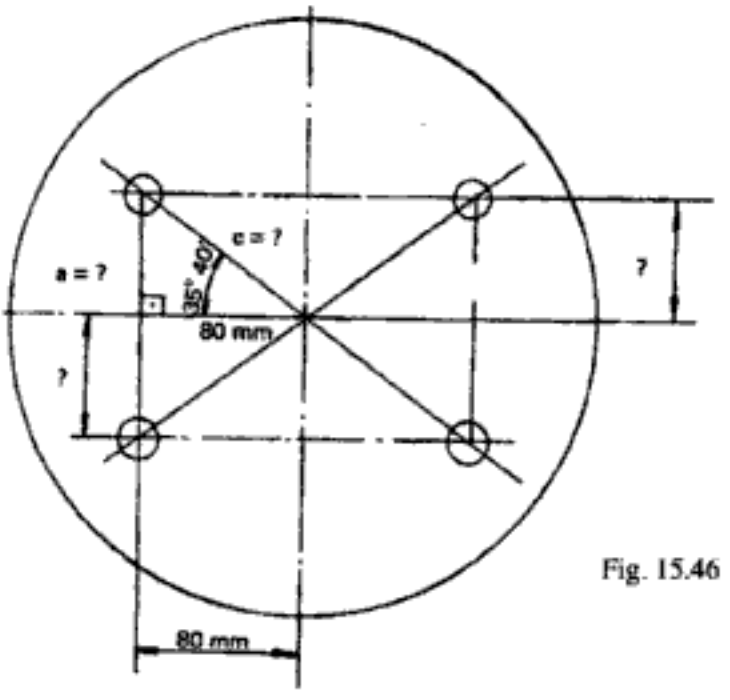


Fig. 15.46

Materiał chroniony prawem autorskim

$$\text{Lado } a = CA = 5\ mm \cdot \left[\frac{5}{30} = 0{,}16734 = 9°30'\right] \quad \begin{matrix}\text{Tangente}\\ \text{do}\\ \text{ângulo } B\end{matrix} = \frac{\text{lado } a}{\text{lado } b}$$

Lado $b = AB = 30$ mm.

Observação: A fórmula de tangente do ângulo B achamos na tabela 15.9. Com o valor da tangente 0,16734 achada, vamos à tabela de tangente onde achamos 9°30' (aproximado).

Trigonometria: Cálculo da profundidade x em peças cônicas no torneamento e na retificação.

Para calcular a profundidade x em relação à parte encaixada nas peças cônicas, usamos a seguinte fórmula:

$$x = y \times \text{Tangente do Ângulo } A$$

$$\text{Tangente do Ângulo } A = \frac{\%\text{ de conicidade}}{200}$$

Exemplo aplicado a um cone Morse nº 4, cuja % de conicidade é de 5,193. Seja: $y = 10$ mm.

$$\text{Tang.} = \frac{\%\text{ conicidade}}{200} = \frac{5{,}193}{200} = 0{,}025965$$

$$x = Y \times \text{tang } A = x = 10 \times 0{,}025965 \qquad x = 0{,}259 \text{ mm}$$

Prova: $0{,}025965 \times 200 = 5{,}193$

$d1 = d + 2y + 2x$
$d = d - 2H \times \text{tang } A$
$\text{Tang } A = \frac{\%\text{ conicidade}}{200}$
$A = x \times \text{co-tang } \frac{B}{2}$
$B = 90° - A$
$D1 = d1 + 2 \times H \times \text{tang } A$

Explicação: O cone é controlado sobre um mármore plano, com calibres cilíndricos e blocos-padrão.

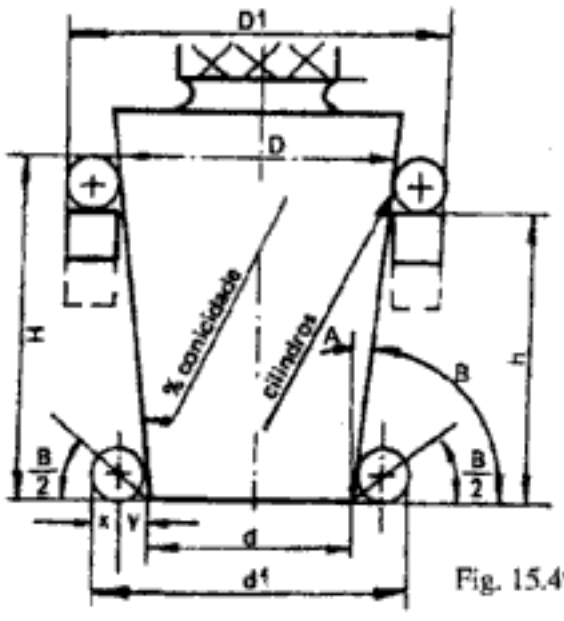


Fig. 15.49

Material chroniony prawem autorskim

Como determinar o ângulo de inclinação da fresa de acordo com a concavidade da peça (fig. 15.51).

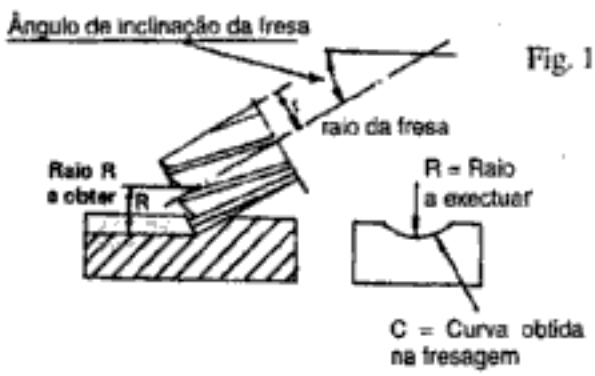


Fig. 15.51

Fórmula

$$\text{Co-seno } A = \frac{\text{raio da fresa}}{\text{raiodesejado para a peça}}$$

Exemplo: Raio da concavidade da peça 30 mm. Raio da fresa 28 mm.

Co-seno $A = \frac{28}{30} = 0{,}933$. Com este nº 0,933, vamos à tabela de Co-seno, onde achamos 21°.

Observação: O raio da fresa cilíndrica que devemos escolher deve sempre ser inferior e o mais próximo possível do raio da concavidade da peça.

A seguir, vemos como o lado *a* do triângulo retângulo corresponde ao passo da rosca.

O lado "*b*" do triângulo retângulo (altura) corresponde ao diâmetro nominal da rosca × 3,14. Tendo os 2 lados "*a*" e "*b*" podemos, unindo com uma reta, obter o lado *c*. O ângulo *B* se obtém pelas fórmulas que damos. Fazendo o desenho do triângulo nas medidas normais, também podemos, com um simples transferidor, medir o valor do ângulo *B* (Ver pág. 497).

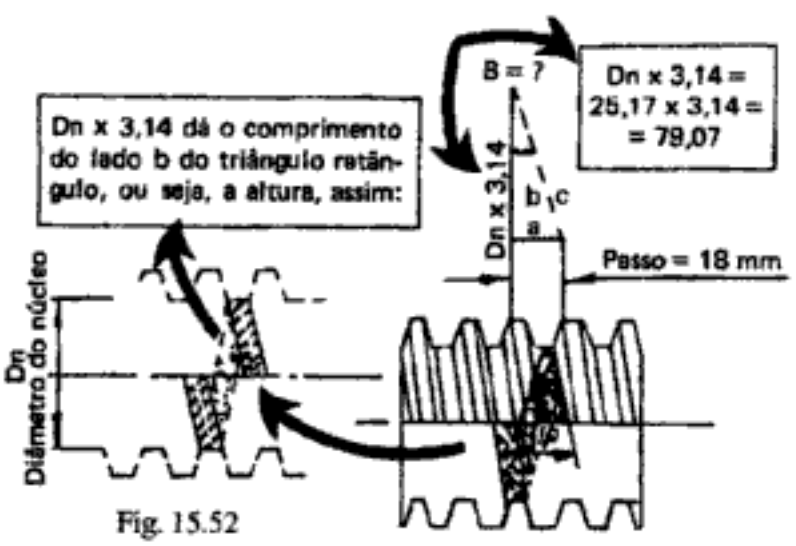

B = ?
Dn x 3,14 = 25,17 x 3,14 = = 79,07
Dn x 3,14 dá o comprimento do lado b do triângulo retângulo, ou seja, a altura, assim:
Dn x 3,14
b
c
a
Passo = 18 mm
Dn
Diâmetro do núcleo

Fig. 15.52

O Passo dá o lado *a* do triângulo retângulo

Material chroniony prawem autorskim

Unidades de medidas e conversões

Símbolos e unidades

As indicações abaixo estão de acordo com as normas DIN (1304 fev. 55). Nos casos especiais estamos dando as indicações SI (Sistema Internacional) e INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas), porque nem sempre as normas são iguais.

Tabela 15.13

Medidas Geométricas

Letras ou símbolos	Denominações	Unidade de medida
l L	Comprimento	m
h H	Altura	m
b B	Largura	m
r R	Raio	m
d D	Diâmetro	m
S	Espessura	m
S	Comprimento percorrido	m
A S F	Área, superfície, secção	m^2
V τ	Volume, capacidade	m^3
λ (delta)	Comprimento de onda	km
I, J, S	Momento de inércia	cm^4
α β γ	Ângulo	°
	Massa	
	Quilate (SI e INPM)	200 miligramas
	Massa (SI e INPM)	1 kg(1)
m	Massa	$kg\ s^2/m$
ρ d	Densidade	g/cm^3
A	Peso atômico	
M	Peso molecular	
J Θ	Momento de inércia	
	Momento de inércia (SI e INPM)	kg/m2
	Momento cinético (SI e INPM)	$\frac{kg/m^2}{s}$

(1) Tonelada = t. Grama = g.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.13 (continuação)

			Tempo	
t,	τ,	z	Tempo, momento ou duração	min
g			Aceleração da gravidade	m/s^2
gn			Aceleração normal da gravidade (SI e INPM)	gn 9,806 65 m/s^2
n			Nº de voltas	l/min
v,	u,	w	Velocidade	m/min
			Velocidade (SI e INPM)	m/s
ω,	Ω		Velocidade angular	o/s
r	p	m	Velocidade angular (SI e INPM)	rpm
a,	b		Aceleração	m/s^2
g			Aceleração da gravidade	m/s^2
			Aceleração angular (SI e INPM)	rad/s^2
φ			Ângulo de adianto ou atraso (fi, letra grega)	
			Força e Pressão	
F,	P,	K	Força (observ.)	kg
$kgf^{(2)}$			Força (SI e INPM)	9,806 65 N
N (Newton)			Força (SI e INPM)	10-5 N = dina dyn
m	N		Momento de força[3] (SI e INPM)	
M	T		Momento de força (força × braço da alavanca)	kgm
G			Peso	kg
γ			Peso específico	g/cm^3
ρ			Pressão (força: área)	kg/cm^2
N/m2			Pressão (SI e INPM)	$N/m^{2(4)}$
	σ		Tensão, tração, compressão	kg/mm^2
	τ		Tensão, deslizamento, corte	kg/mm^2
	E		Módulo de elasticidade	kg/mm^2
	G		Módulo de elasticidade transversal	kg/mm^2
	ε		Dilatação	cm
μ,	f		Coeficiente de atrito	
N	s		Impulsão (SI e INPM)[5]	

(2) Quilograma-força, também chamada quiloponde kp.

(3) mN momento de força. 1 N em relação a um ponto situado a 1 m de distância de sua linha de ação. Adota-se mN e m kgf para momento e Nm e kgf m para trabalho (SI e INPM).

(4) Esta unidade pode também ser chamada de Pascal (Pa).

(5) Impulsão produzida por uma força constante de 1 Newton (N) atuando sobre um corpo durante 1s (segundo).

Obs.: Aplica-se quilograma (kg) à unidade de massa e quiloponde (kp) à unidade de força.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.13 (continuação)

Símbolo	Temperatura	Unidade de medida
K (kelvin)	Temperatura termodinâmica[6] (SI e INPM)	°K
t, J, γ	Temperatura do ponto de congelamento	°C
T, Θ Y	Temperatura absoluta	°K
α	Coeficiente de dilatação linear	1/°
τ β	Coeficiente de dilatação cúbica	1/°
°C	Temperatura Celsius (t) (SI e INPM)	t = T – 273,15[7]
	Calor Trabalho Energia	
Λ W	Trabalho	kgm
c v	Potência (cavalo-vapor) (SI e INPM)	736 W[8]
P N	Potência	kgm/s
W E	Energia	kWh
J	Energia (SI e INPM)	J (joule) [9]
η	Rendimento	
Q W	Quantidade de calor	K cal
c	Calor específico	Kcal/kg°
λ	Condutibilidade térmica	Kcalm/m^2 h°
W		W
.....	Condutibilidade térmica (SI e INPM)	.....
m K		m K
H P	"horse-power" 1HP	746 W [10]
e V	Elétron-volt (SI e INPM)	

(6) Também chamada temperatura absoluta ou temperatura Kelvin. Fração 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água, que é igual a 0,01°Celsius ou 273,16 K.
(7) T = temperatura Kelvin.
(8) Trabalho igual a 75 quilograma-força metros em cada segundo ou 75 kg fm/s.
(9) Joule (J)) Energia necessária para deslocar o ponto de aplicação de uma força constante e igual a 1 newton numa distância igual a 1 metro, na sua direção. (Pronuncia-se Jaule).
(10) Usado pelos ingleses. Não usado por nós.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.13 (continuação)

		Medidas Elétricas	
	W	Potência elétrica (SI e INPM)	1 W (11)
	V	Tensão elétrica	V (Volt)
E	U	Força eletromotriz	V
	I	Intensidade de corrente	A (Ampère)
	A	Ampère (SI e INPM) Intensidade de Corrente	A
	R	Resistência elétrica	Ω (ohm)
	Q	Resistência elétrica específica	Ω mm^2/m
	X	Condutibilidade elétrica	Sm/mm^2
Q	q	Quantidade de eletricidade	C (coulomb)
S/m		Condutibilidade elétrica (SI e INPM)	Siemens p/m
kWh		Quilowatt/hora (SI e INPM)	kWh

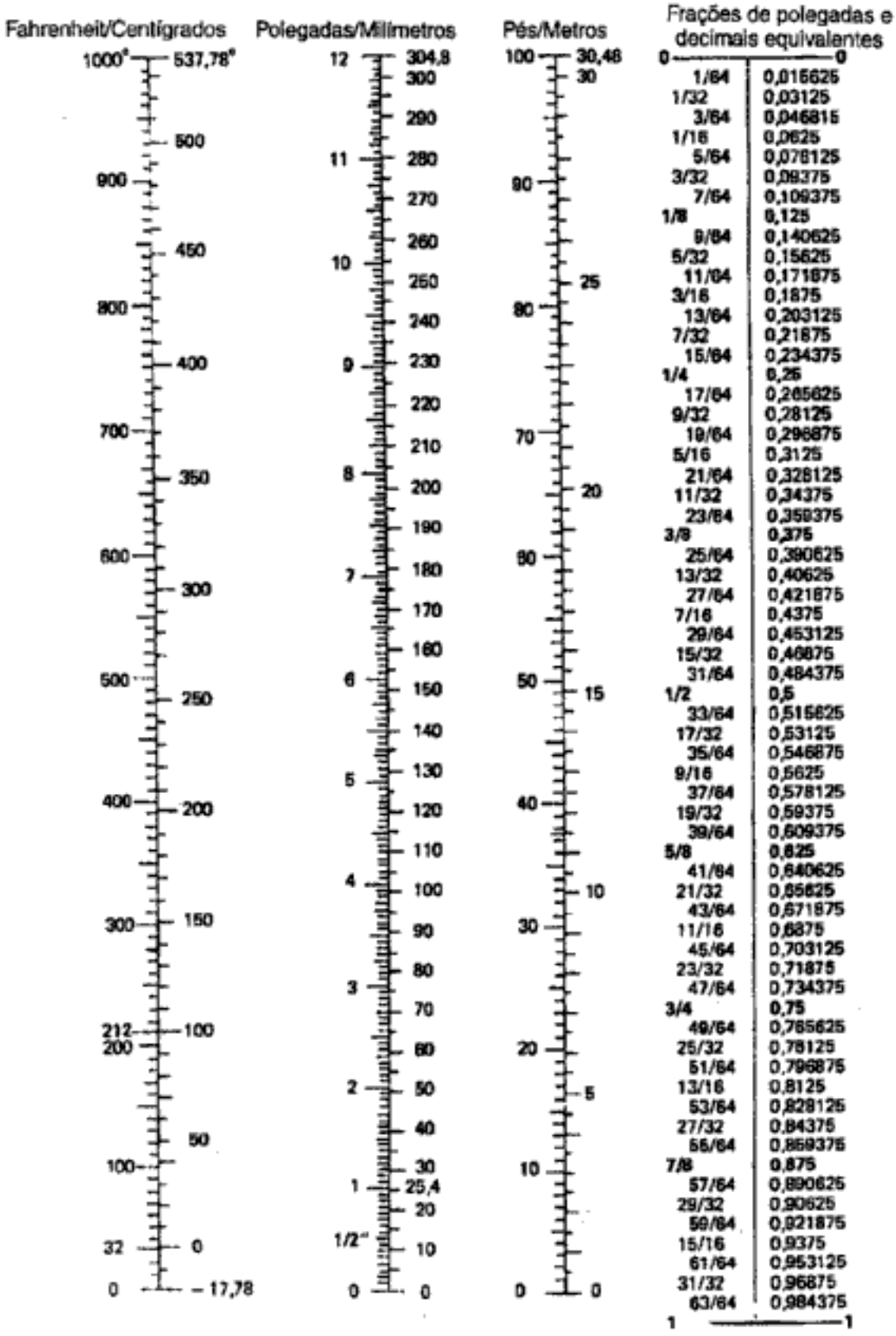
(11) Watt (W) — Potência desenvolvida quando se realiza, contínua e uniformemente, um trabalho igual a 1 joule, em cada segundo.
Obs.: Costuma-se também indicar a potência elétrica em kVA.

Atenção: Existe diferença entre a potência elétrica em CC (corrente contínua), CA (corrente alternada) e trifásica.
Em CC é V × A. Em CA é V × A × Cos φ.
Em Corrente Trifásica é V × A × Cos φ × 1,73.
O Cos φ é indicado nas plaquetas dos motores e aparelhos elétricos e geralmente é uma fração em torno de 0,9.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.14

Escalas de conversões



Materiał chroniony prawem autorskim

Unidades de medida

As mais usadas na indústria

Tabela 15.15

As unidades indicadas por SI e INPM estão de acordo com o Sistema Internacional de Medidas (SI) e o Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM) [1].

Comprimento	Símbolo e unidade	Valor
Micrômetro[2]	1 μ =	0,001 mm
Milímetro	1 mm =	1.000 μ
Centímetro	1 cm =	10 mm
Decímetro	1 dm =	10 cm
Metro	1 m =	1.000 mm ou 10 dm
Quilômetro	1 km =	1.000 m
	Sistema Inglês	
Polegada inglesa e USA	1" =	25,4 mm
Pé (inglês e USA)	1 A =	0,305 m
Jarda	1 rjd =	0,914 m ou 914 mm
Milha marítima	1 M =	1.852 m
Milha	1 =	7.420 m
Nó (velocidade) milha marítima/hora		1.852/3 600 m/s
	Áreas ou superfícies	
	Sistema métrico	
Milímetro quadrado	1 mm^2 =	
Centímetro quadrado	1 cm^2 =	100 mm^2
Decímetro quadrado	1 dm^2 =	100 cm^2
Metro quadrado	1 m^2 =	100 dm^2

(1) Dec.-lei nº 240, 28/2/67 e Dec.-lei nº 63.233, 12/9/68.

(2) Recentemente houve uma modificação de micro para micrômetro (μm) para diferenciar de micropolegada (μ").

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.15 (continuação)

Área	1 a =	100 m^2
Área (SI e INPM)	1 m^2 =	1 m^2
Hectare	1 ha =	100 a
Quilômetro quadrado	1 km^2 =	100 ha
1 alqueire (paulista)	1 a =	24.200 m^2
	Sistema Inglês	
Polegada quadrada	1 sq in =	6,45 cm^2
Pé quadrado	1 sq A =	0,093 m^2
Jarda quadrada	1 sq yd =	0,84 m^2
Acre	1 =	40,5 a
	Volume Capacidade	
Milímetro cúbico	mm^3	
Centímetro cúbico	1 cm^3	1.000 mm^3
Decímetro cúbico	1 dm^3	1.000 cm^3
Metro	1 m^3	
Metro (SI e INPM)		1.000 dm^3
Litro	1ℓ	1 dm^3
Hectolitro	1 hℓ	100ℓ
	Sistema Inglês	
Polegada cúbica	1 cu – in	16,387 cm^3
Pé cúbico	1 cu A	28,317 cm^3
Galão inglês	1	4,541ℓ
Galão americano	1	3,785ℓ
Tonelada "de arqueo" (navios)	1	2,832 m^3
	Pesos	
Miligrama	1 mg	
Grama	1 g	1.000 mg
Quilograma	1 kg	1.000 g
Tonelada	1 t	1.000 kg
	Sistema Inglês	
Onça	1	28,35 g
Libra	1 lbs	0,454 kg
Tonelada inglesa	1	1.016 kg
Tonelada marinha ou pequena tonelada	1	907 kg

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 15.16

	Tempo	
Segundo	1"	
Segundo (SI e INPM)	1 s	s
Minuto	1 m	60" (Brasil 60 s)
Minuto (SI e INPM)	60 s	60 s
Minuto só	min Ex.: lh 20 min 40 seg	
Hora (SI e INPM)	h	60 min 3600 s
Dia	d	24 h 86.400 s
Hora	1 h	60 m
	Ângulo	
Segundo	1" = segundo centesimal	1"
Minuto	1' = 60" minuto centesimal	1' = 100"
Grau	1° 60' grau centesimal	1" = 100'
90° = 100°		
	Ângulo plano (SI e INPM) (1)	
Ângulo plano	rad (radiano) (2)	
Grau	°Fração de 1/360 do ângulo	II/180 rad
Minuto	'Fração 1/60 do grau	II/10 800 rad
Segundo	"Fração 1/60 do minuto	II/648 000 rad
	Trabalho	
Quilogrâmetro	1 kgm =	9,807 Ws
Cavalo-hora	1 CVh =	0,736 kWh – 270000 kgm
Watt-segundo	1 Ws =	0,102 kgm
Quilowatt-hora	1 kWh =	1,36 CVh – 860 kcal
Quilocaloria	1 kcal =	426,9 kgm

(1) Ângulo central que é subentende um arco do círculo cujo comprimento é igual ao do raio.
(2) Não desejando usar a unidade SI radiano, recomenda-se: a) Exprimir os ângulos como fração decimal de grau. Ex.: 27 06 (em lugar de 27° 3' 36"); b) Usar o minuto ou o segundo mas não as duas ao mesmo tempo em ângulos muito pequenos. Ex.: 1,3' ou 78" (em lugar de 1'18").

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.16 (continuação)

	Potência	
Quilogrâmetro por segundo	1 kgm/s =	0,807 W
Cavalo-vapor	1 CV =	75 kgm/s = 0,736 kw
Quilowatt	1 kW =	1,36 CV = 102 kgm/s
Quilocalorias por segundo	1 kcal/s =	426,9 kgm/s

Atenção: Cavalo-vapor (SI e INPM) = 1 cv = 736 w.(3)

	Pressão	
Milibar	1 mB	= 10,2 mm c. d. a.
Bar (atmosfera absoluta)	1 b	= 1 000 mb(4)
mm coluna de água	1 mm c. d. a.	= 0,1 g/cm^2
mm em coluna de mercúrio	1 mm c. d. m.	= 13,6 mm c. d. a.
kg por cm^2	1 kg/cm^2	= 735,6 mm c. d. m.
	1 kg/cm^2	= 10000 mm c. d. a.
Atmosfera	1 at	= 1 kg/cm^2
Atmosfera absoluta	ata	= at efetiva + at
Atmosfera efetiva	at efet	= ata – at
Atmosfera de pressão	at depres.	= at – ata.
Atmosfera 14.223 lbs/pol^2		
1 atmosfera (SI e INPM)	1 atm	= 10,1325 N/cm^2 e kgf/cm^2 = N/cm^2 ou atm = 101 325 N/m^2
Bar (SI e INPM)	10 N/cm^2 (5)	

(3) Segundo o INPM, a abreviatura é cv (minúsculo).

(4) (5) Segundo o SI, o *bar* é a unidade recomendada para substituir a "atmosfera" e o "quilograma força" por cm^2 nas medidas de pressões usadas na engenharia e na indústria.

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.17

Conversão de polegada em milímetros

Polegadas e frações	0	1	2	3	4	5
0	25,400	50,800	76,200	101,600	127,000	
			Milímetros			
1/64	0,397	25,797	51,197	76,597	101,997	127,397
1/32	0,794	26,194	51,594	76,994	102,394	127,794
1/16	1,588	26,988	52,388	77,788	103,188	128,588
3/32	2,381	27,781	53,181	78,581	103,981	129,381
1/8	3,175	28,575	53,975	79,375	104,775	130,175
5/32	3,969	28,369	54,769	80,169	105,569	130,969
3/16	4,762	30,162	55,562	80,962	106,362	131,762
7/32	5,556	30,956	56,356	81,756	107,156	132,556
1/4	6,350	31,750	57,150	82,550	107,950	133,350
9/32	7,144	32,544	57,944	83,344	108,744	134,144
5/16	7,938	33,338	58,738	84,138	109,538	134,938
11/32	8,731	34,131	59,531	84,931	110,331	135,731
3/8	9,525	34,925	60,325	85,725	111,125	136,525
13/32	10,319	35,719	61,119	86,519	111,919	137,319
7/16	11,112	36,512	61,912	87,312	112,712	138,112
15/32	11,906	37,306	62,706	88,106	113,506	138,906
1/2	12,700	38,100	63,500	88,900	114,300	139,700
17/32	13,494	38,894	64,294	89,694	115,095	140,494
9/16	13,288	39,688	65,088	90,488	115,888	141,288
19/32	15,081	40,481	65,881	91,281	116,681	142,081
5/8	15,875	41,275	66,675	92,075	117,475	142,875
21/32	16,669	42,069	67,469	92,869	118,269	143,669
11/16	17,462	42,862	68,262	93,662	119,062	144,462
23/32	18,256	43,656	69,056	94,456	119,856	145,256
3/4	19,050	44,450	69,850	95,250	120,650	146,050
25/32	19,844	45,244	70,644	96,044	121,444	146,844
13/16	20,638	46,038	71,438	96,838	122,238	147,638
27/32	21,431	46,831				148,431
7/8	22,225	47,625	73,025	98,425	123,825	149,225
29/32	23,019	48,419	73,819	99,219	124,619	150,019
15/16	23,812	49,212	74,612	100,012	125,412	150,812
31/32	24,606	50,006	75,406	100,806	126,206	151,606

Materiał chroniony prawem autorskim

Transformação de medidas inglesas

Tabela 15.18

Pé para metro = Pés × **0,3048**

Metro para pés = Metro × **3,2808**

Jardas em metro = Jardas × **0,9144**

Metro para jardas = Metro × **1,0933**

Galões USA em litros = Galão × **3,785**

Litros em Galões (USA) = Litro × **0,2642**

Onças em gramas = Onças × **28,35**

Gramas em onças = Gramas × **0,03527**

Libras em quilos = Libras × **0,4536**

Quilos em libras = Quilos × **2,2046**

Conversões aproximadas

Comprimento

Quando você conhece:	Você pode achar:	Se você multiplicar por
Polegadas (pol)	Milímetros (mm)	25
Polegadas (pol)	Centímetros (cm)	2,5
Pés (pé)	Centímetros (cm)	30
Milímetros (mm)	Polegadas (pol)	0,04
Centímetros (cm)	Polegadas (pol)	0,4
Metros (m)	Pés (pé)	3,3

Temperatura

Graus Fahrenheit (°F)	°C	0,56 (depois de subtrair 32)
Graus Celsius (°C)	°F	1,8 (e então somar 32)

Materiał chroniony prawem autorskim

Como transformar polegadas em milímetros e em milésimos, e vice-versa

Inteiros para milímetros	Fórmula Polegadas × 25,4 mm

Explicação:

Ex.: 5" × 25,4 mm = 127,0 mm

8" × 25,4 mm = 203,2 mm

Frações da polegada a milímetros	25,4 mm × $\frac{\text{numerador}}{\text{denominador}}$

Explicação:

Ex.: $\frac{7"}{8}$ $\frac{25,4 \times 7}{8} = 22,225$ mm

$\frac{3"}{16}$ $\frac{25,4 \times 3}{16} = 4,763$ mm

Frações mistas para milímetros

Explicação:

1º Transformar a fração mista em fração imprópria
2º Proceder como o explicado em frações

1º Ex.: $2" \frac{3}{4} = 2 \overset{+3}{\underset{\times 4}{\frown}} \frac{11}{4} = \frac{25,4 \times 11}{4} = 69,85$

2º Ex.: $5" \frac{3}{8} = 5 \overset{+3}{\underset{\times 8}{\frown}} \frac{43}{8} = \frac{54,4 \times 43}{8} = 136,525$ mm

Material chroniony prawem autorskim

Fração da polegada a milésimo da polegada

numerador ÷ denominador

1º Ex.: $\frac{3"}{16} = 3 \div 16 = 0{,}1875"$

2º Ex.: $\frac{5"}{8} = 5 \div 8 = 0{,}625"$

```
30    | 16
140   0,1875"
120
080
00
```

Milésimo da polegada a fração da polegada

Explicação:

1º Multiplicar o valor do milésimo por uma das divisões da polegada (128, 64, etc.)

2º Tomar como denominador a mesma divisão escolhida.

1º Ex.: 0,125" $\frac{\text{Milésimo} \times \text{divisão}}{\text{divisão}} = \frac{0{,}125 \times 128}{128} = \frac{16}{128}$

2º Ex.: 0,500" $\frac{\text{Milésimo} \times \text{divisão}}{\text{divisão}} = \frac{0{,}500 \times 128}{128} = \frac{64}{128}$

Milésimo da polegada a milímetro

Milésimo de polegada × 25,4

Ex.: 0,625" milésimo da polegada a mm.

0,625" × 25,4 = 15,875 mm

Simplificação de frações da polegada

Dividimos o numerador e o denominador por um MESMO Nº que seja divisível pelos dois, repetindo se for necessário.

Ex.: Seja simplificar a fração $\frac{16"}{128}$

Material chroniony prawem autorskim

$$\frac{16 \div 2}{128 \div 2} = \frac{8}{64} \quad \frac{8 \div 2}{64 \div 2} = \frac{4}{32} \quad \frac{4 \div 2}{32 \div 2} = \frac{2}{16} = \frac{2 \div 2}{16 \div 2} = \frac{1"}{8}$$

ou então $$\frac{16 \div 16}{128 \div 16} = \frac{1"}{8}$$

Milímetros a polegada

1º Dividir o nº em mm por 25,4.

2º Multiplicar o resultado por uma divisão da polegada (64, 128, 256 etc.).

3º Dar como denominador a mesma divisão que foi escolhida para multiplicar.

Ex.: Transformar 9,525 mm em fração da polegada.

$$\text{mm} \div 25{,}4 \times \frac{256}{256}$$

$$9{,}525 \div 25{,}4 \times \frac{256}{256} = \frac{0{,}375 \times 256}{256} = \frac{96}{256}$$

Simplificando, temos:

$$\frac{96 \div 4}{256 \div 4} = \frac{24}{64} \qquad \frac{24 \div 4}{64 \div 4} = \frac{6}{16} \qquad \frac{6 \div 2}{16 \div 2} = \frac{3"}{8}$$

Milímetros a milésimos da polegada $\frac{\text{mm}}{25{,}4}$

Ex.: 12,7 mm a milésimos da polegada.

$$\frac{12{,}7 \text{ mm}}{25{,}4} = 0{,}5"$$

$$\begin{array}{r|l} 12{,}70 & 25{,}4 \\ 0{,}00 & 0{,}5 \end{array}$$

Materiał chroniony prawem autorskim

Índice

Prefácio da 1ª Edição 9
Prefácio 11

Capítulo 1: Metais

Normas usadas na classificação dos aços SAE DIN ABNT AISI 13
Como indicar e interpretar as normas SAE e AISI para aço 13
Classificação ABNT dos aços-carbono, segundo as normas ABNT, como escrever e como interpretar 16
Classificação de aços, segundo as normas "DIN", como escrever e como interpretar 17
O que se deve saber sobre os aços inoxidáveis 22
Como calcular dilatação térmica 26

Capítulo 2: Tratamento Térmico dos Aços-Carbono

Como conhecer praticamente o teor de carbono de um aço-carbono 33
Qualidades importantes do ferro e do aço-carbono para a usinagem nas máquinas operatrizes 34
Recozimento 37
Como fazer o recozimento dos aços-carbono 37
Como recozer uma peça 38
Como fazer a têmpera ou como dar dureza à peça 39
Meios de se verificar a porcentagem de carbono dos aços 39
Como aquecer a peça para a têmpera 40
Como fazer o aquecimento pelo banho de chumbo 41
Como temperar, dentro da técnica, sem necessidade de pirômetros, tabelas ou observação de cores 42
Orientação prática para a têmpera 43
A variação da têmpera de acordo com a função da peça 43
Recomendações no ato de temperar 43
Como usar a tabela de tratamento térmico 46
O que é revenir e como revenir corretamente 46
Como se faz o revenido 46
Revenido por calor externo 47

Materiał chroniony prawem autorskim

Revenido por banho de areia 47
Revenido em banhos de óleo ou de chumbo 47
A influência da temperatura do revenido sobre a dureza e a resiliência 48
Cementar, ou dar uma camada superficial dura ao ferro doce 49
Cementação sólida ou em caixa 49
Cementação rápida 50
Cementação e têmpera 51
Tempo de penetração da cementação 51
Cementação líquida ou cementação em banho de sais 52
Aços Cr Ni a 900°C: Tempo e profundidade de cementação 52
Como deixar partes das peças sem cementar 52
Nitração 52
Como fazer uma têmpera perfeita em peças cementadas 54
Como fazer o revenido de peças que, além de cementadas, foram temperadas 54
Como forjar, recozer, temperar e revenir os aços rápidos indicados na tabela 2.10 ... 54
Forjar 54
Recozer 55
Temperar 55
Revenimento do aço rápido 55
Contração linear 62
Como usar as tabelas de equivalentes de aços em combinação com a orientação para o tratamento térmico 66
Orientação referente à Tabela 2.14 71
O que você precisa saber sobre o ferro fundido nodular 72
O tratamento térmico-especial do ferro nodular 72
Tratamento térmico do duralumínio 72
Orientação para a usinagem do titânio 74
Orientação para forja e solda do titânio 74
Usinagem do titânio 75
Usinagem do magnésio 75
A obtenção de temperaturas corretas para tratamentos térmicos através de banhos de sais 75
Tratamentos térmicos modernos 76
Carbonitração subcrítica em banho de sal, como fazer 76
Fundamentos e vantagens da sulfatação 77
O que é sulfatação e como se faz 78
Fundamentos e vantagens do Tenifer 79
Qualidade das peças tratadas pelo Tenifer 80
Vantagens do Tenifer sobre a nitração em gás amoníaco 80
Têmpera a subzero 80

Material chroniony prawem autorskim

Orientação para a têmpera subzero. Peças cementadas, engrenagens, anéis de rolamento, cilindros de laminação 81
Aços ferramentas, aços rápidos (AISI T 8 ou 5 e 10% Co), aços super-rápidos (AISI T 1 ou 18 W, 4 Cr, 1 VA), peças de formato 83

Capítulo 3: Torno Mecânico

As ferramentas das máquinas operatrizes e o ângulo de corte 85
Tipos de ferramentas das máquinas operatrizes, pela ordem crescente de precisão e velocidade de corte 85
Orientação para ângulos corretos de ferramentas 87
Como afiar ferramentas de aço rápido 93
Desbaste do ângulo de folga 93
Acabamento das ferramentas de aço rápido 94
O que é "widia" 95
Observação sobre o uso das tabelas comparativas de pastilhas de metal duro (tabelas 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6) 95
Como fazer a escolha acertada da pastilha 96
Pastilhas intercambiáveis de metal duro 97
Ferramentas de metal duro intercambiável TMAX para TORNEAR, da "Sandvik" 98
Bedame T-MAX de pastilhas intercambiáveis ("Sandvik") 100
Como determinar a escolha correta de pastilhas intercambiáveis 102
Como aumentar o rendimento e a produção das máquinas operatrizes 107
Preparação de ferramentas de ponta de metal duro 108
Aflação de ferramentas de metal duro (widia) 110
Desbaste do ângulo de saída 110
Desbaste do ângulo de folga 112
Acabamento 113
Acabamento do ângulo de folga 113
Acabamento do ângulo de saída 114
Formação do quebra-cavaco 114
Arredondamento da ponta 114
Afiação do gume da ferramenta 115
Como fazer o quebra-cavaco 115
Recomendações de rebolos para aflação de ferramentas 116
Ferramentas para os tornos semi-automáticos 117
Ferramentas múltiplas 117
Abertura de rosca quadrada à direita 117
Formatos 118
Ferramenta para abertura de rosca trapezoidal por penetração perpendicular 119
Ferramenta para abertura de rosca triangular 120

Material chroniony prawem autorskim

Largura do gume da ferramenta, para abrir rosca trapezoidal métrica 120
Largura do gume da ferramenta (em polegadas) para abrir rosca trapezoidal "ACME" 121
Cálculo da rosca trapezoidal métrica de 30° 121
Largura da ferramenta para abrir rosca sem-fim (rosca módulo) 122
Filete de uma rosca sem-fim, projetado sobre um plano horizontal 125
Velocidade de corte para torno 125
Como saber a aproximação DP colar micrométrico 129
Como fazer a regulagem das máquinas operatrizes conforme a velocidade de corte certa, dada pelo cálculo 129
Como se faz a conversão de velocidade de corte em metros por minuto (m/min) para rotações por minuto (RPM) 130
Modo de usar a tabela de conversão de velocidade de corte em metros por minuto, para rotações por minuto (Tabela 3.10) 132
Como calcular a velocidade de corte no torno 134
Como calcular o avanço da ferramenta por minuto 135
O avanço e a profundidade de corte 136
Como calcular a secção (s) do cavaco (ou material desprendido pela ferramenta) em mm^2, no torno ou na plaina 136
Como calcular o tempo em minutos nas operações de torno e plaina 137
Cálculo do tempo na operação de tornear 137
Potência consumida nas operações de usinagem de peças no torno 142
Como calcular a potência consumida nas operações de corte, na usinagem de peças . 142
Para os engenheiros ou supervisores 146
Como estabelecer cálculos de secção de cavaco dentro das reais possibilidades da máquina e do seu melhor rendimento 147
Cálculo do avanço e da profundidade de corte 148
Tendo a secção da fita, como determinar o avanço 149
Tempo de execução nas operações das máquinas operatrizes 153
Como calcular a produção nas máquinas operatrizes 154
Operação no torno mecânico 155
Centralização da peça 155
O ângulo dos punções 156
Broca de centrar 157
Modo de achar o centro das peças 158
Processos de tornear peças cônicas 161
Torneamento de superfície oblíqua 162
Torneamento de superfície esférica 163
Conicidade 163
Como transformar conicidades em frações decimais para porcentagem 164

Material chroniony prawem autorskim

Como transformar conicidades em frações decimais, para graus, minutos, etc., de ângulo 165
Modo prático de se calcular conicidades sem tabelas de tangentes 165
Como calcular a porcentagem de conicidade 166
Fórmulas úteis para achar os diversos dados de conicidade 166
Conicidade dada por fração ordinária 167
Como achar a medida do cone maior 167
Cálculo do torneamento cônico em milímetros 168
Como aumentar a precisão de medidas no carrinho transversal 169
Traçagem e torneamento de peças excêntricas 169
Traçagem e torneamento de peças com pequenos excêntricos 170
Verificação das peças excêntricas 170
Traçagem de peças excêntricas em posições angulares 171
Operações em roscas 172
A medição correta em roscas 172
Cálculos úteis sobre molas helicoidais 174
A abertura de roscas no torno 176
Cálculo de engrenagens para tornear roscas 176
Cálculo de roscas com filetes fracionários 181
Outras indicações para cálculo de engrenagens 184

Capítulo 4: Fresas

Ângulo de corte das fresas 185
Ferramentas de fresagem para ligas leves 186
Como afiar as fresas 186
Rebolos recomendados 187
Cálculos de fresa 187
Como calcular o avanço por dente da fresa 188
Como calcular o avanço que a fresa dá em cada rotação 188
Como calcular a secção da fita de uma fresa 189
Como calcular a potência no trabalho da fresa 190
Cálculo do tempo ao fresar 192
Como regular a fresadora 192
Explicação de como usar a tabela 4.3 de velocidade para fresas nº 2 195
Velocidade e avanços para fresas de aço rápido 197
Como usar a tabela 4.5 de avanço por volta, para avanço em Rpm 199
Como usar a tabela 4.6: Avanço em mm por dente a avanço por volta 201
Explicação de como usar a tabela 4.7 202
Para fresagem de ferro fundido 203
Fresagem de engrenagens 205

Material chroniony prawem autorskim

O que se precisa saber para o cálculo de engrenagens cilíndricas 205
Cálculo das engrenagens 207
O que é módulo e como calculá-lo? 208
Como calcular o diâmetro primitivo de uma engrenagem 209
Como calcular a altura do dente de uma engrenagem 209
Como calcular a espessura e o intervalo dos dentes de uma engrenagem? 210
Como calcular o passo de uma engrenagem 210
O que é "Diametral Pitch" e como se calcula 211
Como transformar Módulo em "Diametral Pitch" e vice-versa 211
A profundidade de corte na fresa 212
Calibrador para espessuras de dentes de engrenagens 212
Conjunto da divisão diferencial da fresa 214
Divisão diferencial na fresa 215
Cálculo do disco divisor da fresa 216
Como fazer o cálculo do disco divisor da fresa e como regular a manivela 217
Cálculo de cremalheiras 221
Como proceder para a fresagem de cames 223
Outro processo 224
Cálculo do ângulo de inclinação da fresa e do divisor 225
Como determinar o comprimento da fresa na abertura de cames 225
Como calcular as engrenagens da fresadora, para a abertura de cames 226
Fresagem de engrenagens helicoidais 227
Engrenagens a montar 228
Como verificar o resultado 230
Como proceder quando os dados estiverem em polegada 230
Como calcular as dimensões de uma engrenagem helicoidal e o número da fresa para o corte 232
Como calcular a fresa para a abertura de engrenagens helicoidais 234
Série de engrenagens de mudança nas fresas para fresagem de engrenagens helicoidais 236
Engrenagens cônicas. O que se precisa saber para a abertura de engrenagens cônicas na fresa 236
Abertura de engrenagens cônicas na fresa 237
Como determinar a inclinação que se deve dar ao eixo em relação à horizontal 240
Como determinar o número da fresa a usar 240
Quais as fresas a empregar para a abertura de engrenagens cônicas 241
Cálculos úteis de uma rosca sem-fim 244
Cálculos úteis da rosca sem-fim de vários filetes 244
Como calcular a transmissão de movimento de uma rosca sem-fim 245
Como calcular os elementos de um conjunto coroa – rosca sem-fim 246

Material chroniony prawem autorskim

Como fazer a fresagem de pinhões para transmissões de corrente 248
Como fazer os cálculos para fresagem quando a transmissão por corrente tem roletes duplos 252
O passo na engrenagem 253
Medição de dentes de engrenagens 253

Capítulo 5: CNC

Introdução à máquina comando numérico 257
Sistemas de coordenadas 259
Sistemas de coordenadas de posicionamento usado em CN 261
Sistema absoluto 261
Sistema de coordenadas incrementais 263
Funções de programação 265
Orientação das funções de comando numérico para centros de torneamento 265
Orientação para linguagem de programação 266
Orientação para funções preparatórias em tornos 266
Orientação para funções auxiliares 267
Interpolação circular (G02 e G03) 269
Orientação para aplicação de função G04 271
Orientação para a função G20 e G21 272
Orientação para roscamento G33 272
Aplicação da função G33 272
Orientação para roscamento automático (G37) 274
Aplicação da função G37 275
Aplicação da função G37 para roscamento cônico 276
Exemplo de programação de roscamento com múltiplas entradas 279
Orientação para compensação do raio de corte (G40, G41, G42) 280
Orientação para uso das funções G41 e G42 281
Posição da ferramenta 282
Orientação para as funções G53, G54, G55, G56 e G57 282
Orientação para as funções G70 e G71 284
Orientação para ciclo de furação e de torneamento G74 284
Cálculo da ponta da broca 286
Orientação para a função G74 em ciclo de torneamento 287
Orientação para a função G75 para ciclos de faceamento e de canais 288
Orientação para ciclos de faceamento G75 289
Orientação do posicionamento para giro da torre 290
Orientações para as funções G90 e G91 291
Orientação para a função G92 291
Orientação para velocidade de corte constante G96 292

Material chroniony prawem autorskim

Orientação para a função G99 293
Orientação para a execução de um programa 293
Exemplo de programa 294
Resumo das funções de programação 300

Capítulo 6: Brochadeiras

O trabalho com as brochadeiras 303
Como são os dentes das brochas 304
Velocidade de corte para as brochadeiras 307
Como calcular a potência absorvida no trabalho do brochado 307
Como saber se a máquina brochadeira suportará o corte da fita que a brocha irá retirar 308
Como calcular o tempo na brochadeira 308

Capítulo 7: Brocas

O que se deve saber sobre brocas 309
Observações importantes no trabalho com as brocas 310
Ângulos das brocas 310
Orientação para os ângulos das brocas 311
Os ângulos de ponta das brocas, conforme o material a ser furado 314
Brocas especiais 314
Brocas especiais para virabrequins e furos profundos 315
Velocidade de corte de broca 315
Como regular as velocidades das brocas 315
Com usar a tabela 7.2 de velocidades de brocas de aço rápido 317
A precisão no furo das brocas 317
Como usar a tabela 7.3 318
Furos especiais, para alojamento de parafuso de cabeça cilíndrica, cônica ou formatos diversos 319
Brocas para furos quadrados 323

Capítulo 8: Alargadores

O trabalho com os alargadores 325
O diâmetro dos alargadores 325
Afiação dos alargadores e ângulos dos dentes 326
Observações sobre os alargadores 328
O trabalho com os alargadores 328
O número de dentes dos alargadores acompanha o diâmetro 328
Velocidade de corte e avanço nos alargadores à máquina 329

Materiał chroniony prawem autorskim

Capítulo 9: Machos

Abertura de roscas internas em furos por meio de machos 331
O que se deve observar sobre o uso de machos 331
Qual o tipo de macho a empregar 331
Os machos de aço-carbono e os machos de aço rápido 332
Como se calcula a relação entre o macho a usar e a broca que vai fazer o furo inicial. 332
Como estabelecer o cálculo da relação broca-macho em polegada 334
A velocidade de corte correta nos machos 337
A importância da lubrificação correta no trabalho com os machos 339
Recomendações no trabalho com os machos 340
A aflação dos machos e os ângulos corretos de corte 341
Como afiar os machos 341
Relação macho-broca 342
Séries de roscas e abreviaturas usuais 348
Emprego das roscas conforme o tipo 348
Acabamento das superfícies cilíndricas internas ou dos furos 349

Capítulo 10: Roscas

Rosca internacional métrica 351
Normas segundo o Comité de Normalization de la Mécanique CNMI 351
Rosca métrica de perfil triangular "ISO" 352
Perfil da rosca ISO (mudando o perfil SI) (NFE 03-001) e rosca UN 353
Rosca Whitworth 353
Roscas "Sellers" ou "United States Standard" (USS) 353
Rosca ACME 354
Rosca métrica trapezoidal 354
Rosca quadrada 355
Rosca UNF 356
Rosca UNC 356
Rosca para gás 357
Rosca métrica fina "ISO" 357
Rosca NPT 357
Saiba indicar e interpretar as roscas no desenho 358
É útil e importante conhecer os símbolos das roscas 360
Considerações sobre rosca métrica fina 362

Capítulo 11: Rebolos

Dimensões e classificações 369
Os materiais abrasivos dos rebolos. Como reconhecer e como usar 370

Material chroniony prawem autorskim

Espaçamento ou porosidade dos rebolos 372
O que se deve saber sobre a velocidade dos rebolos 372
A influência da velocidade sobre o rebolo 372
O que se deve entender pela classificação de dureza de um rebolo 373
Retificação 376
Retificação do rebolo por diamante 377
Rebolos diamantados 379
Tipos de rebolos diamantados 379

Capítulo 12: Elementos Práticos de Mecânica

Uso correto das serras 385
A trava da serra 387
Cones Morse 389
Cones "Standard Americano" 399
Engrenagens 400
Dimensões e cálculos de chavetas em polegada 401
Como usar a tabela de chavetas (12.17) 404
Fixação de rodas, polias e engrenagens por prisioneiros 404
Borboletas 405
Comprimento *C* dos rebites 406
Como e quando usar os fluidos de corte nas ferramentas das máquinas operatrizes 409
O que é óleo solúvel e como é preparado 410
Instruções para o uso de refrigerantes e lubrificantes na usinagem das peças 411
Molas Prato 414

Capítulo 13: Ferramentaria

Como calcular o esforço necessário para o trabalho de corte no estampo e na prensa 419
Como calcular a pressão de embutimento (repuxo) na estampagem 423
Relação entre o diâmetro do punção de embutidura *d*, e o diâmetro do disco a embutir *D* 424
Orientação para a folga entre o punção e a matriz no embutimento 424
Orientação para determinar a largura e o passo da tira na estampagem 424
Orientação prática para espessuras da matriz 425
Orientação para a folga entre punção e matriz nos estampos de corte 425
Estampagem 426
Estampagem e embutimento 427
Graus de estampagem das chapas nacionais 428
Lubrificação no embutimento 428
Cálculo do diâmetro e da superfície de peças embutidas (prensadas) 428
Ensaios de chapa 430

Materiał chroniony prawem autorskim

Ensaio Ericksen 430
Ensaio de dobra 430
Cálculos de corte e dimensões 431
Cálculo do comprimento de punções de corte 431
Interpretação das normas para estampagem das chapas de aço nacionais 432
Folha de flandres da C.S.N – Classificação, tipos, dureza e orientação para estampagem 433
Racionalização de uma ferramentaria 433
Extrusão 436
Cuidados no trabalho com a prensa, não perca a sua mão ou a sua vida 438
Aplicações da borracha 439
Processo de corte com borracha sem punção e matriz 440
O poliuretano na ferramentaria simplifica a construção de matrizes, punções e molas 442
A simplificação dos trabalhos da matriz, pela substituição por almofadas de poliuretano 442
O poliuretano trabalhando como punção 443
O poliuretano trabalhando como prensa, chapa e extrator ao mesmo tempo 444
Molas de poliuretano substituindo com vantagens as molas de aço convencionais na ferramentaria 444
Diferentes formas de montagem das molas de poliuretano 444
Tipos e aplicações de "Plastiprene" 445
Como calcular os comprimentos, planificação de peças, chapas, materiais, encurvados a partir do ângulo de curvatura e do raio do encurvamento 450
Curvaturas em ângulos de 90° 450
Curvaturas em ângulos agudos 450
Localização das espigas nos estampos. Processo analítico 452
Estampo de corte para pouca quantidade de peças 453
Liga metálica especial para alojamento dos punções e matrizes 454
Matrizes de madeira 454
Corte com borracha 454
A fixação dos punções, matrizes, buchas e colunas com resina especial 456
A preparação dos alojamentos para resina 457
Apresentação da resina 458
Fases da preparação da resina 459
Pré-aquecimento das peças 459
Outras aplicações 460

Capítulo 14: Metrologia

Medições, precisão dos instrumentos 465
Como fazer a leitura nos calibres (Paquímetros) 467

Material chroniony prawem autorskim

Leitura em milésimos de polegada. 469
Leitura de calibre em polegada com escala 1/64 de polegada. 469
Leitura em 1/64 de polegada 471
Como ler calibre com escala em 1/28 de polegada 472
O uso dos transferidores universais 474
Uso do indicador na excentricidade das peças. 474
Uso e leitura do milímetro 475
Como fazer leituras em micrômetros ultranodernos, e em milésimos de mm 475
Como fazer a medição de roscas por rolete 477
Como usar a leitura nos comparadores 478
Como ler medidas em micrômetros de centésimos de milímetro 479
Como ler micrômetros com precisão até milésimos de mm 479
Blocos padrões 480
Sistema de tolerância de medidas 481
Como interpretar as indicações das peças no sistema "ISO" de tolerâncias de medidas 481
Relação entre as letras das peças machos e as letras das peças fêmeas e vice-versa. . . 482
Tipos de ajustes 483
Como usar a tabela de tolerância de medidas (tabela 14.1). 483
Tolerâncias ASA de medidas 490
A importância da rugosidade superficial 492
Como interpretar os símbolos e as indicações internacionais da rugosidade superficial nos desenhos e nos projetos 492
Uso e interpretação de indicação dos símbolos de rugosidade superficial usados pela ABNT 494
Rugosidade superficial 495

Capítulo 15: Matemática Industrial

Aritmética. 499
Frações ordinárias 499
Soma de frações ordinárias 499
Subtrações de frações ordinárias 499
Multiplicação de frações 499
Divisão de frações 500
Simplificação de frações ordinárias 500
Multiplicação de decimais 500
Frações decimais 501
Soma e subtração de frações decimais. 501
Divisão de decimais 501
Operações com graus, minutos e segundos de ângulos 503

Material chroniony prawem autorskim

O que é ângulo complementar 503
Como determinar o suplemento de um ângulo 505
Uso do transferidor 506
Como extrair a raiz quadrada 507
Como extrair a raiz quadrada de números decimais 510
Colocação da vírgula 510
Sinais convencionais usados na matemática 512
Geometria 513
Geometria plana 513
Áreas de figuras geométricas, cotas e demais medidas relacionadas com cada figura . 513
Quadrado 513
Retângulo 513
Triângujo retângulo 514
Paralelogramo 514
Trapézio 514
Trapezóide 515
Losango 515
Polígono irregular 515
Círculo 516
Coroa circular 516
Setor circular 517
Segmento circular 517
Elipse 519
Como usar a tabela 15.4 521
Divisão de uma peça circular em número de partes iguais 521
Geometra no espaço 524
Cubo 524
Barril 524
Paralelepípedo 524
Cilindro 525
Pirâmide 525
Cone 526
Planificação do cone 526
Tronco de cone e planificaão 526
Tronco da pirâmide 527
Esfera 527
Esfera oca 528
Trigonometria 528
Fórmulas para cálculos relacionados com o triângulo retângulo 528
O triângulo retângulo e o Teorema de Pitágoras 530

Materiał chroniony prawem autorskim

Aplicações da trigonometria 536
Cálculo do encaixe "Rabo de Andorinha" usado na mecânica e na ferramentaria 536
Outra aplicação da trigonometria em problemas práticos que aparecem na vida prática 540
Aplicação de trigonometria na mecânica..... 543
Como obter precisão em números não encontrados na tabela..... 547
Unidades de medidas e conversões 548
Unidades de medida, as mais usadas na indústria 553
Transformação de medidas inglesas..... 558
Conversões aproximadas 558
Comprimento 558
Temperatura 558
Como transformar polegadas em milímetros e em milésimos, e vice-versa 559

Material chroniony prawem autorskim

Índice das Tabelas

Tabela 1. 1 Orientação para interpretar a classificação SAE e AISI para aços 14
Tabela 1.2 Orientação para se interpretar a classificação ABNT dos aços. 16
Tabela 1.3 Orientação para se interpretar a classificação ABNT dos aços-liga 17
Tabela 1.4 Tabela de aços de baixa liga. Ferramenta sem liga e aços fundidos 18
Tabela 1.5 Classificação dos aços segundo as normas "DIN" 19
Tabela 1.6 Letras suplementares usadas nas indicações dos aços 20
Tabela 1.7 Classificação da fundição segundo as normas "DIN" (17006). 21
Tabela 1.8 Aços inoxidáveis mais comuns (austeníticos) 23
Tabela 1.9 Indicação AISI e SAE dos aços inoxidáveis 23
Tabela 1.10 Tabela de bronze 24
Tabela 1.11 Principais elementos industriais na mecânica. 25
Tabela 1.12. Materiais e composição (por ordem alfabética) 27
Tabela 1.13. ALPACA – Liga de cobre e níquel resistente à corrosão 31
Tabela 1.14 Materiais modernos 31

Tabela 2.1 A influência do carbono sobre a qualidade do aço e do ferro 36
Tabela 2.2 Orientação para as temperaturas de recozimento dos aços-carbono ... 38
Tabela 2.3 Orientação para temperar e revenir através das cores. 42
Tabela 2.4 Orientação sobre o resfriamento na temperatura ou como se fazer uma têmpera dura ou suave. 43
Tabela 2.5 Folha para orientação de tratamento térmico dos aços-carbono. 45
Tabela 2.6 Cores do revenido do aço 48
Tabela 2.7 Influência da temperatura do revenido sobre a dureza e a resiliência .. 48
Tabela 2.8 Influência do tempo e da temperatura na cementação 51
Tabela 2.9 Gráfico de tratamento térmico dos aços 53

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 2.10 Marcas equivalentes dos aços rápidos mais empregados na indústria nacional 56
Tabela 2.11 Marcas equivalentes de aços especiais 57
Tabela 2.12 Qualidade e aplicação dos aços especiais 61
Tabela 2.13 Orientação para o tratamento térmico 63
Tabela 2.14 Ferramentaria. Aços resistentes a trabalho a quente 67
Tabela 2.15 Comparações de dureza Rockwell, Vickers, Shore e Brinell 68
Tabela 2.16 Orientação para verificação da dureza Brinell 70
Tabela 2.17 Aplicações, especificações e propriedades do ferro nodular 73
Tabela 2.18 Orientação para tratamento e carga do fio de duralumínio de 1 mm de secção 74
Tabela 2.19 Obtenção de temperaturas corretas para tratamentos térmicos através de banhos de sais 76

Tabela 3.1 Orientação para ângulos de corte para ferramentas de torno 89
Tabela 3.2 Orientação sobre a dureza das principais ferramentas 92
Tabela 3.3 Tabela comparativa de pastilhas de metal duro para usinar aços em geral 103
Tabela 3.4 Tabela comparativa de pastilhas de metal duro para usinar ferro fundido, metais ferrosos e não ferrosos e outros 104
Tabela 3.5 Orientação para ângulos e velocidades para ferramentas de ponta de metal duro 105
Tabela 3.6 Orientação para ângulos e velocidades para ferramentas de ponta de metal duro 106
Tabela 3.7 Recomendação para profundidade de corte em função do comprimento do quebra-cavaco e do avanço 115
Tabela 3.8 Módulos 122
Tabela 3.9 Orientação para velocidade de corte para torno – 1. Em m/min – Avanço e profundidade de corte 126
Tabela 3.9 Orientação para velocidade de corte para torno – 2. Em m/min – Avanço e profundidade de corte 127
Tabela 3.9 Orientação para velocidade de corte para torno – 3. Em m/min – Avanço e profundidade de corte 128
Tabela 3.10 Conversão de velocidade de corte (*Vc*) para rotações por minuto (Rpm) 132

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 3.11 Orientação para determinar a secção máxima (*s*) de fita em função da potência e do material a usinar 139
Tabela 3.12 Orientação para altura da ferramenta nas operações de torneamento. . . 140
Tabela 3.13 Pressão específica de corte para máquinas operatrizes. 145
Tabela 3.14 Velocidade de corte para torno em função do material, da ferramenta e da secção do material desprendido (cavaco) 152
Tabela 3.15 Velocidade de corte para torno em função do material, da ferramenta e da secção do material desprendido (cavaco) 153
Tabela 3.16 Broca de centrar 158
Tabela 3.17 Conicidades normalizadas mais usuais. 166

Tabela 4. 1 Como regular as distâncias entre o rebolo, a fresa e os suportes de apoio na afiação 187
Tabela 4.2 Norma para velocidade de corte e avanço para fresar – (Metros por minuto) 194
Tabela 4.3 Velocidade para fresar. Diâmetro da fresa em polegadas. Rpm (mínima e máxima) 196
Tabela 4.4 Velocidade de avanço em função dos tipos de fresas 198
Tabela 4.5 Rotação da fresa por minuto 199
Tabela 4.6 Avanço em mm por dente e avanço por volta. 201
Tabela 4.7 Avanço da fresa por dente 202
Tabela 4.8 Tabela geral para fresar engrenagens cilíndricas no sistema métrico. . . 206
Tabela 4.9 Tabela geral para cálculo de engrenagens cilíndricas no sistema inglês 207
Tabela 4.10 Tabela de correção. 213
Tabela 4.11 Divisões simples em fresadora de 40 dentes na coroa 219
Tabela 4.12 Exemplo de tabela trigonométrica com ângulo de 17 graus. 233
Tabela 4.13 Número de dentes da engrenagem a abrir. 242
Tabela 4.14 Relação entre o número de dentes das engrenagens que queremos abrir e o número das fresas a empregar. 243
Tabela 4.15 Série de 15 fresas. 243
Tabela 4.16 Orientação para fresagem de todos os pinhões. 249
Tabela 4.17 Medição de conjunto de dentes na engrenagem 250

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 5.1 Tabela de funções auxiliares 265
Tabela 5.2 Orientação para funções preparatórias em tornos 266
Tabela 5.3 Tabela de funções auxiliares 267
Tabela 5.4 Resumo das funções de programação 300

Tabela 6.1 Altura dos dentes conforme o material a trabalhar 305
Tabela 6.2 Normas para brocha 306
Tabela 6.3 Como deve ser o ângulo de saída da brocha 307
Tabela 6.4 Como deve ser o ângulo de incidência da brocha 307
Tabela 6.5 Velocidade de corte para o brochado 307
Tabela 6.6 Pressão específica de corte no brochado 308

Tabela 7.1 Recomendações para broca 313
Tabela 7.2 Orientação para velocidade de corte para brocas de aço rápido 316
Tabela 7.3 Aumento do furo em função do diâmetro da broca e do tipo de material 318
Tabela 7.4 Furos especiais 321

Tabela 8.1 Relação de diferença que deve haver entre o diâmetro do furo e o diâmetro do alargador 325
Tabela 8.2 Lubrificação no trabalho com os alargadores 329
Tabela 8.3 Recomendação do número de dentes do alargador 329
Tabela 8.4 Velocidade de corte e avanço para alargadores de espiral 330
Tabela 8.5 Avanço, velocidade e refrigeração nos alargadores 330

Tabela 9.1 Para rosca WHITWORTH (B.S.W.) (B.S.F.) 335
Tabela 9.2 Para rosca WHITWORTH para tubos 336
Tabela 9.3 Para rosca "BRITISH ASSOCIATION STANDARD" 336
Tabela 9.4 Para rosca métrica (SI) e FINA 337
Tabela 9.5 Velocidade de corte para machos 338
Tabela 9.6 Ângulos de corte para machos 339

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 9.7 A lubrificação no trabalho com os machos. 340
Tabela 9.8 Relação macho-broca para roscas WHITWORTH (grossa) (W) (BSW) 342
Tabela 9.9 Relação macho-broca para rosca métrica (fina) M 343
Tabela 9.10 Relação macho-broca para rosca métrica (Grossa M) 345
Tabela 9.11 Relação macho-broca para aberturas de roscas Whitworth fina "BSF" . 346
Tabela 9.12 Relação macho-broca para a abertura de roscas Whitworth para tubos (paralelas R) (BSP) 346
Tabela 9.13 Relação macho-broca para a abertura de roscas Whitworth para tubos (cônicas) (B S P T) 347
Tabela 9.14 Relação macho-broca americana para roscas para tubos N P T (cônicas) 348
Tabela 9.15 Séries de roscas e abreviaturas usuais 348

Tabela 10.1 Tabela de rebaixo para saída de rosca (conforme DIN 76). 358
Tabela 10.2 Rosca métrica normal 361
Tabela 10.3 Passos comuns da rosca fina seguido da profundidade e do raio 362
Tabela 10.4 Rosca Whitworth normal 362
Tabela 10.5 Rosca BSW 364
Tabela 10.6 Rosca BSF 365
Tabela 10.7 Rosca BSP 366
Tabela 10.8 Rosca NPT 367
Tabela 10.9 Orientação sobre símbolos, perfil e indicação de rosca 368

Tabela 11.1 Que rebolos deve-se escolher? 371
Tabela 11.2 Velocidades dos rebolos 373
Tabela 11.3 Marcas de rebolos. Marcas equivalentes de rebolos de carboneto de silício 374
Tabela 11.4 Rebolos recomendados para esmerilhar metal duro 375
Tabela 11.5 Marcas equivalentes de rebolos de óxido de alumínio 376
Tabela 11.6 Recomendações para o uso de rebolos. Rebolos retos face A, uso geral 378
Tabela 11.7 Recomendações para retificação de superfície plana e cilíndrica. 378
Tabela 11.8 Retificação interna. 378

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 11.9 Velocidades de corte para rebolos de diamante 381
Tabela 11.10 Rebolos 382
Tabela 11.11 Formas de rebolo 383
Tabela 11.12 Saída de rebolos 384

Tabela 12.1 Lubrificação no ato de serrar 387
Tabela 12.2 Uso correto das serras de acordo com o material a ser serrado 388
Tabela 12.3 Uso das serras 388
Tabela 12.4 Cones "Morse". Cones exteriores e interiores (Macho) 390
Tabela 12.5 Conicidades 391
Tabela 12.6 Tabela de % de conicidade para a metade dos ângulos 392
Tabela 12.7 Cones métricos (DIN 223) 393
Tabela 12.8 Parafusos tipo ALLEN com cabeça e sextavado interno 395
Tabela 12.9 Comprimento do corpo do parafuso em polegadas – Série 1954 396
Tabela 12.10 Série em milímetros – Normas DIN 912 397
Tabela 12.11 Asa B18.3 parafusos tipo ALLEN sem cabeça e com sextavado interno 398
Tabela 12.12 Diâmetro do parafuso e passo da rosca em mm para parafusos tipo Allen 398
Tabela 12.13 Dimensões dos cones "Standard Americano" 399
Tabela 12.14 Tabela de dimensionamento de chavetas plana e quadrada 401
Tabela 12.15 Tabela de dimensionamento de chavetas meia cana 402
Tabela 12.16 Dimensionamento da espessura da chaveta 402
Tabela 12.17 Chavetas 403
Tabela 12.18 Recomendação para prisioneiro a usar 404
Tabela 12.19 Dimensões dos rebites (DIN e ASME) 406
Tabela 12.20 Conheça os tipos de graxas e saiba como usá-las 407
Tabela 12.21 Refrigerantes 410
Tabela 12.22 Molas Prato 412
Tabela 12.23 Anéis de retenção para eixos lisos 416

Tabela 13.1 Resistência ao cisalhamento dos aços 422

Materiał chroniony prawem autorskim

Tabela 13.2 Determinação dos diâmetros sucessivos em cada passagem dos embutimentos na prensagem 422
Tabela 13.3 Relação entre o diâmetro do punção de embutir *d*, e o diâmetro do disco a embutir *D* 424
Tabela 13.4 Orientação para determinar a largura e o passo da tira na estampagem. 424
Tabela 13.5 Orientação para determinar a largura e o passo da tira na estampagem. 425
Tabela 13.6 Folga entre punção e matriz de corte 429
Tabela 13.7 Orientação para velocidade de avanço da tira..... 434
Tabela 13.8 Força de extrusão para o alumínio 435
Tabela 13.9 Coeficiente de redução entre *d* (disco a embutir) e *D* (peça embutida) . 436
Tabela 13.10 Folga entre punção e matriz no embutimento..... 437
Tabela 13.11 Dimensões mínimas em mm para furos, cortes e raios em estampos de borracha 439
Tabela 13.12 Medidas recomendadas em mm 443
Tabela 13.13 Guia para cálculo de compressão e pressão de molas de plastiprene EF 448
Tabela 13.14 Guia para cálculo de compressão e pressão de molas de plastiprene F . 449
Tabela 13.15 s espessura em mm 451
Tabela 13.16 Profundidade Ericksen para embutimento de chapas 461
Tabela 13.17 Chapas de aço-carbono 462

Tabela 14.1 Orientação para uso e entendimento das tolerâncias de medidas "ISO" ("International System Organization"). Sistema furo padrão H7..... 484
Tabela 14.2 Tolerâncias de posição 487
Tabela 14.3 Furo tolerâncias (Eixos) "ISO"..... 488
Tabela 14.4 Furo tolerâncias (Eixos) "ISO"..... 489
Tabela 14.5 Tolerâncias ASA, orientação, aplicação e tolerâncias..... 491
Tabela 14.6 Rugosidade superficial 495
Tabela 14.7 Acabamento superficial..... 496
Tabela 14.8 Rugosidades obtidas pelos diferentes processos de usinagem 497

Tabela 15.1 Raízes quadradas de decimais..... 511
Tabela 15.2 Sinais convencionais usados na matemática..... 512

Material chroniony prawem autorskim

Tabela 15.3 Elipse 519
Tabela 15.4 Relações geométricas úteis na mecânica entre lado *l*, diâmetro interno *d*, diâmetro externo *D* 520
Tabela 15.5 Divisão de peças circulares ou de desenhos em partes iguais 523
Tabela 15.6 Fórmulas para determinar a medida do lado *a* no triângulo retângulo . . 531
Tabela 15.7 Fórmulas para determinar a medida do lado *b* no triângulo retângulo . . 532
Tabela 15.8 Fórmulas para determinar a medida do lado *c* no triângulo retângulo . . 533
Tabela 15.9 Relações trigonométricas no triângulo retângulo 534
Tabela 15.10 Fórmulas para determinar o ângulo 535
Tabela 15.11 Fórmulas para encaixe "Rabo de Andorinha" 536
Tabela 15.12 Relações trigonométricas num triângulo qualquer 545
Tabela 15.13 Medidas geométricas 548
Tabela 15.14 Escalas de conversões 552
Tabela 15.15 Unidades de medidas 553
Tabela 15.16 Unidades de medidas 555
Tabela 15.17 Conversão de polegadas em milímetros 557
Tabela 15.18 Transformação de medidas inglesas 558

Material chroniony prawem autorskim

ECO*graf*

imprimiu pelo processo de escaneamento

Rua Costa, 35 – Consolação – São Paulo-SP
ecograf.grafica@terra.com.br
Fone: (11) 3259-1915

Materiał chroniony prawem autorskim

LAURO SALLES CUNHA
Engº MARCELO PADOVANI CRAVENCO – SENAI

MANUAL PRÁTICO DO MECÂNICO

As condições atuais do mundo moderno, de intensa evolução, exigem constantemente a reformulação e adequação dos sistemas, programas e a metodização da formação de mão-de-obra industrial, afora a preocupação constante, como os processos de formação e treinamento. Por isso, a boa acolhida que este livro recebeu estimulou-nos a reescrever algumas partes e a acrescentar outras, em função das novas experiências que o mundo atual exige e das observações dos profissionais da área da metalmecânica e das áreas correlatas.

A essência do conteúdo desta obra permanece inalterada: a reunião de informações técnicas e práticas que orientam, facilitam e enriquecem o trabalho do profissional, bem como a necessária atualização e ampliação dos conhecimentos técnicos do pessoal em trabalho.

Quanto às alterações, além de reorganizar os capítulos com o objetivo de facilitar o entendimento na progressão dos conteúdos, houve a inclusão de novas tabelas, contendo normas técnicas atuais.

Vale destacar a introdução de um novo capítulo sobre programação de máquinas controladas numericamente por computador – CNC, visando, com isto, o aprimoramento tecnológico e o despertar das competências para o mundo atual.

Pretendemos, pois, que as modificações introduzidas nesta edição atinjam seu objetivo: permitir que a obra seja um instrumento de trabalho e capacite de modo responsável seus leitores.

Metais – Tratamento Térmico dos Aços-Carbonos – Torno Mecânico – Fresas – Máquinas CNC – Brochadeiras – Brocas – Alargadores – Machos – Roscas – Rebolos – Elementos Práticos de Mecânica – Ferramentaria – Metrologia – Matemática Industrial

Hemus

ISBN 85-289-0506-3

Material chroniony prawem autorskim